

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA IV



TESIS DOCTORAL

**Eficacia de los localizadores de ápice en el
tratamiento de conductos en dentición temporal**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTORA

PRESENTADA POR

Marta Real Mourelle

DIRECTORAS

Gloria Saavedra Marbán
María Rosa Mourelle Martínez

Madrid, 2017

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA IV

(PROFILAXIS, ODONTOPEDIATRÍA Y ORTODONCIA)



TESIS DOCTORAL

**Eficacia de los localizadores de ápice en el tratamiento de
conductos en dentición temporal**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTORA

PRESENTADA POR

Marta Real Mourelle

Directoras

Gloria Saavedra Marbán

María Rosa Mourelle Martínez

Madrid, 2016

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA IV

(PROFILAXIS, ODONTOPEDIATRÍA Y ORTODONCIA)



TESIS DOCTORAL

**Eficacia de los localizadores de ápice en el tratamiento de
conductos en dentición temporal**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTORA

PRESENTADA POR

Marta Real Mourelle

Directoras

Gloria Saavedra Marbán

María Rosa Mourelle Martínez

Madrid, 2016

Dedicatoría

A mis padres y a mi hermana, porque sin sus ánimos y su amor no sería lo que soy.

Gracias por transmitirme que con esfuerzo, paciencia y constancia todo se logra.

A Maria Rosa, la gran impulsora de esta tesis

Y a Cocon.... Que se sentiría muy orgulloso de mi.

Agradecimientos

Especialmente a mis directoras de tesis:

A la Dra. Gloria Saavedra por su infinita paciencia, interés, constancia, horas invertidas y absoluta disponibilidad durante estos años, así como por transmitirme la inquietud de realizar una buena investigación.

A la Dra. M^a Rosa Mourelle por confiar en mí y apoyarme no solo en la realización de esta tesis, sino en todos mis proyectos. Gracias por trasmitirme conocimientos y amor a la profesión y sobre todo a la investigación y labor docente.

A Pedro Cuesta, sin sus explicaciones no hubiese podido ser posible la realización de la investigación, gracias por tu tiempo dedicado.

Como dar las gracias a Maria y a Bittor por su tiempo empleado en verano en la maquetación final de tesis.

A Jorge, por su desinteresada aportación del localizador electrónico de ápice Propex Pixi[®].

Mención especial a las personas que han colaborado en este trabajo, María gracias por tus geniales ideas. Lourdes Viana, por prestarme tu consulta los fines de semana. Lucía, por estar siempre ayudando sin que se te pida.

A todos mis amigos, por entender esta etapa y apoyarme, sin vosotros esto no hubiese salido a delante, gracias Alberto, Ana A, Ana G. Ana P, Enrique, Garbiñe, Halady, Luciano, Rocío, Thais...

Un especial agradecimiento a Gerardo, por aguantar estos últimos meses y brindarme toda tu ayuda.

Índice

Índice

ÍNDICE	13
RESUMEN	17
ABSTRACT	25
1. INTRODUCCIÓN	33
1.1. Biología pulpar	34
1.1.1. Odontogénesis	34
1.1.2. Morfología pulpar	39
1.2. Anatomía de la dentición decidua	40
1.2.1. Diferencias entre dentición temporal y dentición permanente	40
1.2.2. Características de la raíz de cada diente temporal	42
1.2.3. Apertura cameral de los diferentes grupos dentarios	45
1.3. Proceso de reabsorción radicular	47
1.3.1. Factores que intervienen en la reabsorción fisiológica	47
1.3.2. Células implicadas en la reabsorción fisiológica	49
1.3.3. Etapas y tipos de la reabsorción de la raíz en dentición temporal	51
1.3.4. Patrón de la exfoliación de la dentición temporal	52
1.3.5. Reabsorción de los tejidos duros del diente	53
1.3.6. Reabsorción del ligamento periodontal	54
1.3.7. Reabsorción del tejido pulpar	55
1.3.8. Reabsorción patológica de la dentición temporal	55
1.4. Radiología	56
1.4.1. Historia de la radiología	56
1.4.2. Técnicas radiológicas	57
1.4.3. Radiología digital	61
1.5. Localizadores electrónicos de ápice (LEA)	63
1.5.1. Evolución histórica	63
1.5.2. Claves para el uso de localizador electrónico de ápice	74
1.5.3. Técnica para el uso del localizador electrónico de ápice	75
2. JUSTIFICACIÓN	79
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	83
4. MATERIAL Y MÉTODO	87
5. RESULTADOS	101

5.1.	Características de la muestra	101
5.2.	Resultados del análisis univariante	103
5.3.	Estadística inferencial	104
5.3.1.	Diferencias entre la longitud de la raíz medida mediante los diferentes localizadores electrónicos de ápice y con el uso de magnificación.....	104
5.3.2.	Diferencias entre la longitud de la raíz medida mediante los diferentes localizadores de ápice y con el uso de magnificación asumiendo un error de $\pm 0,5\text{mm}$	110
5.3.3.	Diferencias entre la longitud de la raíz medida mediante la radiografía y los diferentes localizadores electrónicos de ápice.	112
5.3.4.	Diferencias entre la longitud de la raíz medida mediante radiografía y los diferentes localizadores electrónicos de ápice asumiendo un error de $\pm 0,5\text{mm}$	114
5.3.5.	Diferencias entre la medición de la longitud de la raíz obtenida con los diferentes localizadores electrónicos de ápice.	115
5.3.6.	Diferencias entre la longitud de la raíz medida mediante los diferentes localizadores electrónicos de ápice, radiografía y con el uso de magnificación en raíces con reabsorción y sin ella.....	118
5.3.7.	Diferencias entre la longitud de la raíz medida mediante los diferentes localizadores electrónicos de ápice, la radiografía y con el uso de magnificación en raíces con reabsorción y sin ella asumiendo un error de $\pm 0,5\text{mm}$	121
5.3.8.	Diferencias entre la longitud de la raíz medida mediante los diferentes localizadores electrónicos de ápice y la radiografía en raíces con reabsorción y sin ella, asumiendo un margen de error de $\pm 0,5\text{mm}$	123
5.3.9.	Diferencias entre la longitud de la raíz medida mediante los diferentes localizadores electrónicos de ápice y la radiografía en raíces con reabsorción y sin ella asumiendo un error de $\pm 0,5\text{mm}$	125
5.3.10.	Diferencias entre la longitud de la raíz medida mediante los diferentes localizadores electrónicos de ápice en raíces con reabsorción y sin ella.	126
5.3.11.	Diferencias entre la longitud de la raíz medida mediante los diferentes Localizadores electrónicos de ápice en raíces con reabsorción y sin ella asumiendo un error de $\pm 0,5\text{mm}$	128
6.	DISCUSIÓN.....	133
7.	CONCLUSIONES.....	145
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	149
9.	ANEXO	161

Resumen

Resumen

La pérdida prematura de los dientes temporales puede provocar movimientos dentarios indeseables, pérdida de espacio y la imposibilidad de una buena alineación de los dientes definitivos durante su erupción. Autores como Cohen y cols ⁽¹⁾ indican que los dientes temporales con patología pulpar, siempre que se pueda, deben ser tratados para recuperar la función en la arcada. Así mismo la patología pulpoperiapical en dentición decidua puede provocar alteraciones del germen permanente subyacente ⁽²⁾.

El tratamiento pulpar realizado con éxito, en la dentición temporal, exige conocer la morfología de la pulpa y las características específicas debidas a la reabsorción de las raíces de los dientes temporales ⁽¹⁾. La anatomía de la dentición temporal hace de los tratamientos pulpares unos procesos complicados. Los conductos de estos dientes temporales son muy variables, en cierta medida, por la formación de dentina secundaria y por la reconfiguración del sistema de conductos producida por su reabsorción fisiológica. La inflamación pulpar y periodontal puede causar cambios en dicha reabsorción fisiológica y puede complicar la morfología del sistema ⁽³⁾.

La determinación clínica de la longitud de trabajo (LT) es complicada pero fundamental para el éxito del tratamiento de conductos ^(4,5). En dentición temporal, esta longitud es importante para minimizar el daño periapical y la posible afectación del germen permanente ^(6,7). Para ello se han utilizado diversos métodos como la sensación táctil y el método radiográfico, no siendo ninguno de ellos lo suficientemente preciso, ya que el primer método es totalmente subjetivo y el segundo únicamente muestra dos dimensiones de una estructura tridimensional, lo que obliga al profesional a un entrenamiento adecuado para poder captar, interpretar e imaginar la tercera dimensión ^(8,9).

Por todo ello se desarrollaron los localizadores electrónicos de ápice (LEA), siendo en la actualidad el método más fiable para detectar la longitud de trabajo. Se basan en la diferencia entre la carga eléctrica de los tejidos del ligamento periodontal y cualquier punto del interior del conducto ⁽¹⁰⁾. Su uso reduce el número de radiografías en un tratamiento, sin que por ello dejemos de utilizarlas, como prueba complementaria.

OBJETIVO GENERAL

1.- Analizar si los localizadores electrónicos de ápice son eficaces en la localización de la longitud de trabajo del conducto radicular de los dientes temporales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.- Evaluar las diferencias entre la longitud de la raíz del diente temporal medida mediante método radiográfico y mediante visión directa con magnificación.

3.- Estudiar las diferencias entre la longitud de la raíz del diente temporal medida mediante método radiográfico y con tres tipos de localizadores electrónicos de ápices: Root Zx®, Root Zx Mini® y Propex Pixi®.

4.- Conocer la diferencia entre la longitud de la raíz del diente temporal medida mediante visión directa con magnificación y con los tres localizadores electrónicos de ápice: Root Zx®, Root Zx Mini® y Propex Pixi®.

5.- Identificar si existen diferencias en las mediciones de la longitud de la raíz del diente temporal entre los diferentes localizadores estudiados: Root Zx®, Root Zx Mini® y Propex Pixi.

6.- Determinar si existen diferencias entre los tres localizadores electrónicos de ápice en la medición de las raíces de la dentición temporal con reabsorción radicular.

MATERIAL Y MÉTODO:

La muestra de nuestro estudio estuvo constituida por 135 raíces de dientes deciduos con 2/3 de la raíz formada. Los dientes fueron recogidos en diferentes clínicas dentales de la Comunidad de Madrid. Se desconoce la edad, el sexo y la raza de los pacientes.

Se emplearon tres métodos para la medición de la longitud de la raíz de los dientes temporales:

- Localizadores electrónicos de ápice:
 - Root Zx®
 - Mini Root Zx®
 - Propex Pixi®.
- Radiografía digital
- Gafas de Magnificación (x2)

RESULTADOS

Se analizaron 135 raíces deciduas que cumplieron con los criterios de inclusión/exclusión. La muestra quedó constituida por 112 molares, 11 incisivos y 12 caninos.

Se realizó el estudio del coeficiente de correlación intraclase (ICC) y el coeficiente de Pearson (R) que analizan la concordancia y asociación entre unas variables y otras. Si este valor se encuentra próximo a 1, nos indicará que las variables son muy similares. El localizador Root Zx Mini® es el que más se aproxima a las mediciones realizadas de manera directa mediante la magnificación en los valores de ICC y de R, por lo que estos estadísticos son los que mayor correlación lineal presentan (ICC =0,987). El LEA Root Zx Mini® es el LEA en el que observamos un mayor número de casos idénticos entre la medición macroscópica y la magnificación (97 casos), seguido de Propex Pixi® (94 casos) y de Root Zx® (82 casos).

Cuando las mediciones se realizan mediante la técnica radiográfica y se contrastan con los valores obtenidos mediante visión directa con magnificación, el ICC es menor (0,846), indicando, por tanto, que la fiabilidad de la radiografía con respecto a los LEAs es menor. La radiografía obtiene únicamente un 38,5% de mediciones iguales a las obtenidas por la técnica macroscópica.

Al comparar la técnica radiográfica y los LEAs encontramos diferencias significativas para todos ellos ($p \leq 0,005$). Por otra parte, no encontramos diferencias significativas entre los tres LEAs empleados. Estas situaciones se repiten si asumimos un error de $\pm 0,5\text{mm}$, aunque los porcentajes de casos con mediciones correctas aumentan.

En cuanto a las raíces con reabsorción y sin ellas, Root Zx Mini® sigue presentando el mayor porcentaje de casos idénticos, con la medición macroscópica, en cada uno de los grupos, obteniendo mejores resultados en el grupo de raíces sin reabsorber.

DISCUSIÓN

El mayor número de investigaciones en las que se estudia la eficacia de los localizadores electrónicos de ápices son en dentición permanente, por lo que hemos encontrado pocos estudios sobre este tema en dentición temporal.

De los estudios encontrados, son varias las investigaciones en las que los LEAs son más fiables que la radiografía ⁽¹¹⁻¹⁴⁾, al igual que en el presente trabajo.

Bodur y cols ⁽¹¹⁾ en 2008 realizaron un estudio similar al nuestro. Su muestra se compuso de 144 raíces, de las cuales 51 no presentaba reabsorción radicular y 93 si la presentaban, siendo ésta no más de 1/3 de la raíz coincidiendo con nuestro trabajo. El resto de las investigaciones in vitro analizadas, presentaron un tamaño muestral inferior al examinado por nosotros y por Bodur y cols ⁽¹¹⁾.

CONCLUSIONES

1. Los localizadores electrónicos de ápice son eficaces en la determinación de la longitud de trabajo en dentición temporal en raíces reabsorbidas y en las que no lo están

2. Existen diferencias estadísticamente significativas entre la longitud de la raíz medida mediante radiografía y la visión directa utilizando magnificación, tanto en raíces reabsorbidas como en las que no lo están.
3. Existen diferencias estadísticamente significativas entre la longitud de trabajo de la raíz medida mediante el método radiográfico y los localizadores electrónicos de ápice estudiados: Root Zx®, Root Zx Mini® y Propex Pixi®.
4. No existen diferencias estadísticamente significativas entre la longitud de trabajo medida mediante magnificación y los localizadores electrónicos de ápice estudiados: Root Zx®, Root Zx Mini® y Propex Pixi®.
5. No se encuentran diferencias estadísticamente significativas al comparar las medidas realizadas entre los localizadores electrónicos Root Zx® y Propex Pixi®, no siendo así para el localizador electrónico de ápice Root Zx Mini® que obtiene una baja significación estadística, sin relevancia clínica evidente.
6. No se hallaron diferencias significativas entre los tres localizadores electrónicos de ápice estudiados en raíces con reabsorción, tanto si asumimos como si no lo hacemos, un margen de error de $\pm 0,5\text{mm}$.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cohen S, Burns R. Vías de la pulpa. the. St.Louis, MO:CV Mosby; 2002,p.468-523.
2. Echeverría J.J, Cuenca E. El manual de odontología. Masson, 1ª edición; 2002, p. 1379-88.
3. Gómez de Ferraris ME, Campos Muñoz A. Histología y Embriología Bucodental. 2ª ed. Madrid: Panamericana; 2002. Barbería E, Boj JR, Catalá M, García C, Mendoza a. Odontopediatría. 2ª ed. Barcelona: Masson; 2001, p.86-100, 398-403.
4. Canalda C, B. E. Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas, Masson; 2006, p.4-12
5. Gordon MPJ, Chandler NP. Electronic apex locators. Int Endod J. 2004; 37:425-37.
6. Gómez Antón y cols. Localizadores de ápice para la localización de pulpectomía. Odontol peadiatr. 2007; 15: 116-23.
7. Kielbassa AM, Muller U, Munz I, Monting JS. Clinical evaluation of the measuring accuracy of Root ZX in primary teeth. Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol and Endod. 2003; 95:94-100.
8. Basrini E BAJ, Cañete M.T Radiología en Endodoncia. Septiembre, 2002; editorial Amolca. Buenos Aires. Argentina, p.3-19
9. Fava L, Dummer PM. Periapical radiographic techniques during endodontic diagnosis and treatment. Int Endod J. 1997; 30:250-61.
10. Wein F. Endodontic Therapy. 4th ed. San Louis: Mosby, 1989; p: 295.
11. Bodur H, Odabas M, Tulunoglu Ö. Accuracy of two different apex locators in primary teeth with and without root resorption. Clin Oral Invest. 2008; 12: 137-41.

-
12. Katz A, Mass E, Kaufman A. Electronic apex Locator: a useful tool for root treatment in the primary dentition. *J Dent Child*. 1996; 63:414-17.
 13. Nelson-Filho P, Romualdo PC, Bonifacio KC, Leonardo MR, Silva RAB, Silva LAB. Accuracy of iPex multi-frequency Electronic apex Locator in primary molar: an ex vivo study. *Int Endod J*. 2011; 44:303-6.
 14. Angwaravong O, Panitvisai P. Accuracy of an electronic apex locator in primary teeth with root resorption. *Int Endod J*. 2009; 42:115-21.
 15. Chougule RB, Padmanabhan MY, Mandal MS. A comparative evaluation of root canal length measurement techniques in primary teeth. *Pediatr Dent*. 2012; 34: 53-56.

Abstract

Abstract

INTRODUCTION

The premature loss of temporary teeth can cause undesired dental movements, room loss and the impossibility of a good arrangement of definitive teeth during eruption phase. Authors such as Cohen and cols. ⁽¹⁾ indicate that temporary teeth with a pulp pathology, if possible, must be treated in order to retake its function. Additionally, pulpo-periapical pathologies in deciduous teeth can cause alterations of the permanent underlying germ ⁽²⁾.

A pulp treatment carried out successfully on the temporary dentition, requires having full knowledge of the pulp morphology and its specific characteristics due to the reabsorption of the temporary teeth roots⁽¹⁾. The anatomy of the temporary dentition makes pulp treatments one of the most difficult processes. Canals in these temporary teeth are very variable, in some way, due to the formation of the secondary dentin and because of the reconfiguration of the canal system caused by its physiological reabsorption. Pulp and periodontal inflammation can produce changes in the mentioned physiological reabsorption and can complicate the system morphology ⁽³⁾.

Clinical determination of the working length (WL) is difficult but paramount for the canal treatment success. In temporary dentition, this length is important in order to minimize the periapical damage and the likely affectation of the permanent germ ^(6,7). For this end, several methods have been used such as the tactile feeling and the radiographic method, any of them being accurate enough, due to the fact that the first is totally subjective and the latter only shows two dimensions of a three-dimension structure. These facts force the professional to reach a proper training level so that he is able to understand, interpret and imagine the third dimension ^(8,9).

Because of all these difficulties, electronic apex locators (EAL) were developed, today being the most reliable way of finding the working length. They are based on the difference between the electric charge of the tissues of the periodontal ligament and any point of the canal interior ⁽¹⁰⁾. Its use reduces the number of radiographs in the treatment, without that meaning that radiographs are not used any more, as they are, indeed, still used as a complementary evidence.

GENERAL OBJECTIVE

1.- To analyze if the electronic apex locators are effective in the location of the root canal.

SPECIFIC OBJECTIVES

2.- To evaluate the differences between the temporary teeth root length measured with radiographic method and with direct vision with magnification.

3.- To study the differences between the temporary teeth root length measured with radiographic method and with three different versions of electronic apex locators: Root Zx®, Root Zx Mini® y Propex Pixi®.

4.- To detect the difference between the temporary teeth root length measured with direct vision with magnification and with three different versions electronic apex locators: Root Zx®, Root Zx Mini® y Propex Pixi®.

5.- To identify possible differences in the measurements of the temporary teeth root length measured with the different studied locators: Root Zx®, Root Zx Mini® y Propex Pixi®.

6.- To determine possible differences between the three different electronic apex locators in the measurement of the temporary dentition roots with radicular reabsorption.

METHOD AND MATERIALS:

The sample used in our study was composed of 135 deciduous teeth roots with 2/3 of the root already formed. These teeth were collected in different dental clinics of the Madrid Region. Patient's age, gender and race are unknown.

Three methods were used to determine the temporary teeth root length:

- Electronic apex locators:
 - Root Zx®
 - Mini Root Zx®
 - Propex Pixi®
- Digital radiography
- Magnification lenses (x2)

RESULTS

135 deciduous roots that complied with the inclusion/exclusion criteria were analyzed. The sample was composed of 112 molars, 11 incisors and 12 canine teeth.

A study about the interclass correlation coefficient (ICC) and the Pearson coefficient (R) was conducted, with the aim of analyzing the concordance and association among different variables. If this figure is close to 1, it indicates that both variables are very similar. The Root Zx Mini® electronic apex locator is the one that gets the closest measurements to those obtained through magnification in the ICC and R values, making it the one with the higher linear correlation (ICC=0,987). The Root Zx Mini® is the EAL in which there is a higher num-

ber of identical cases between macroscopic measurement and magnification (97 cases), followed by Propex Pixi® (94 cases) and Root Zx® (82 cases).

When these measurements are conducted through radiographic technic and are matched with the figures obtained through direct vision with magnification, the ICC is lower (0,846), therefore indicating that the radiograph reliability towards the EALs is lower. Radiographic technic obtains only 38,5% of equal measurements to those obtained through the macroscopic technic.

When comparing the radiographic technic to the EALs, important differences are found in all of them ($p \leq 0.005$). On the other hand, no significant differences are found between the different EALs used. These situations repeat in time if we assume an error of $\pm 0.5\text{mm}$, although the percentages of cases with accurate measurements increase.

Regarding those roots with reabsorption and without them, Root Zx Mini® still is the EAL with the highest percentage of identical cases, with the macroscopic measurement, in each of the different groups, obtaining better results in the without reabsorption roots group.

DISCUSSION

The higher number of investigations in which the EALs effectiveness is studied corresponds to permanent dentition, making it difficult for us to find studies related to this subject in temporary dentition.

Of those studies found, there are several investigations in which the result is that EALs are more reliable than the radiographic technic⁽¹¹⁻¹⁴⁾, just the same as in this project.

Bodur and cols⁽¹¹⁾ in 2008 conducted a similar study to ours. Their sample was composed of 144 roots, of which 51 did not show radicular reabsorption and 93 did, being the reabsorption no more than 1/3 of the root, which is actually coincident to our project too. The other investigations conducted “in vitro” presented a smaller sample as the one used by Bodur and Cols⁽¹¹⁾ and us.

CONCLUSIONS

1. The electronic apex locators are effective in determining the working length in temporary dentition both in roots with reabsorption and in those without.
2. There are significant statistical differences between the root length measured through radiographic technic and the results obtained through direct vision with magnification, both in roots with reabsorption and in those without.
3. There are significant statistical differences between the root length measured through radiographic technic and the results obtained through the EALs studied: Root Zx®, Root Zx Mini® and Propex Pixi®.

4. There are not significant statistical differences between the working length measured through magnification and through the EALs studied: Root Zx[®], Root Zx Mini[®] and Propex Pixi[®].
5. There are not significant statistical differences when comparing the measurements conducted between the EALs Root Zx[®] y Propex Pixi[®]. On the other hand they do exist with the EAL Root Zx Mini[®], which actually obtains low statistical significance, but without apparent clinical relevance.
6. No significant differences were found among the three EALs studied in roots with reabsorption, both if we do assume or we do not, a margin error of $\pm 0.5\text{mm}$.

REFERENCES

1. Cohen S, Burns R. Vías de la pulpa. the. St.Louis, MO:CV Mosby; 2002,p.468-523.
2. Echeverría J.J, Cuenca E. El manual de odontología. Masson, 1ª edición; 2002, p. 1379-88.
3. Gómez de Ferraris ME, Campos Muñoz A. Histología y Embriología Bucodental. 2ª ed. Madrid: Panamericana; 2002. Barbería E, Boj JR, Catalá M, García C, Mendoza a. Odontopediatría. 2ª ed. Barcelona: Masson; 2001, p.86-100, 398-403.
4. Canalda C, B. E. Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas, Masson; 2006, p.4-12.
5. Gordon MPJ, Chandler NP. Electronic apex locators. Int Endod J. 2004; 37:425-37.
6. Gómez Antón y cols. Localizadores de ápice para la localización de pulpectomía. Odontol peadiatr. 2007; 15: 116-23.
7. Kielbassa AM, Muller U, Munz I, Monting JS. Clinical evaluation of the measuring accuracy of Root ZX in primary teeth. Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol and Endodonctics. 2003; 95:94-100.
8. Basrini E BAJ, Cañete M.T Radiología en Endodoncia. Septiembre, 2002; editorial Amolca. Buenos Aires. Argentina, p.3-19
9. Fava L, Dummer PM. Periapical radiographic techniques during endodontic diagnosis and treatment. Int Endod J. 1997; 30:250-61.
10. Wein F. Endodontic Therapy. 4th ed. San Louis: Mosby, 1989; p: 295.
11. Bodur H, Odabas M, Tulunoglu Ö. Accuracy of two different apex locators I primary teeth with and without root resorption. Clin Oral Invest. 2008; 12:137-41.
12. Katz A, Mass E, Kaufman A. Electronic apex Locator: a useful tool for root treatment in the primary dentition. J Dent Child. 1996; 63:414-17.
13. Nelson-Filho P, Romualdo PC, Bonifacio KC, Leonardo MR, Silva RAB, Silva LAB. Accuracy of iPex multi-frequency Electronic apex Locator in primary molar: an ex vivo study. Int Endod J. 2011; 44:303-6.
14. Angwaravong O, Panitvisai P. Accuracy of an electronic apex locator in primary teeth with root resorption. Int Endod J. 2009; 42:115-21.

-
15. Chougule RB, Padmanabhan MY, Mandal MS. A comparative evaluation of root canal length measurement techniques in primary teeth. *Pediatr Dent*. 2012; 34:53-6.

Introducción

1. Introducción

La conservación de la integridad de la dentición primaria hasta su periodo de exfoliación fisiológica constituye uno de los objetivos fundamentales de la odontología pediátrica ⁽¹⁾.

A pesar de los grandes avances en la prevención de la caries dental, la pérdida prematura de dientes temporales sigue siendo frecuente, ⁽²⁾ pudiendo tener un efecto perjudicial sobre el posterior desarrollo de la dentición definitiva y del aparato masticatorio ⁽¹⁾.

Uno de los objetivos principales del odontopediatra es la preservación del espacio en la arcada, ya que una pérdida prematura de los dientes temporales puede provocar la mesialización de los mismos y como consecuencia la pérdida de espacio y la imposibilidad de una buena alineación de los dientes definitivos durante su erupción. Autores como Cohen y cols ⁽²⁾ indican que los dientes con patología pulpar, siempre que se pueda, deben ser tratados para recuperar su función en la arcada.

Los dientes temporales también están implicados en funciones fundamentales como la masticación y la fonación, en una época de la vida donde el crecimiento es máximo y el aprendizaje del habla se adquiere y se consolida. Se ha demostrado que la pérdida prematura de incisivos superiores puede provocar trastorno del lenguaje que puede persistir durante años ^(2, 3). No debemos obviar la función estética y su íntima relación con la autoestima del niño ⁽¹⁾. La conservación de los mismos va a prevenir hábitos linguales ⁽²⁾, que podrán dar lugar a diferentes maloclusiones.

La patología pulpoperiapical puede provocar alteraciones del germen permanente subyacente, celulitis, osteítis y/u odontalgia grave al niño ⁽⁴⁾.

El tratamiento pulpar realizado con éxito, en la dentición temporal, exige conocer la morfología de la pulpa, el proceso de reabsorción de la raíz y las características específicas debidas a la reabsorción de las raíces temporales ⁽²⁾.

1.1. Biología pulpar

La pulpa de los dientes temporales es histológicamente similar a la de los dientes permanentes. Se trata de un tejido blando de origen mesenquimatoso ⁽²⁾. Es un tejido conjuntivo de tipo conectivo laxo, compuesto por células especializadas, fibroblastos, células mesenquimatosas indiferenciadas y odontoblastos. Estos últimos se van a posicionar periféricamente, en contacto directo con la matriz de la dentina ⁽²⁾.

La pulpa alberga también elementos tisulares como fibras colágenas, reticulares, y sustancia fundamental, además de vasos sanguíneos y fibras nerviosas ⁽⁵⁾. Se localiza en el interior de los dientes y está delimitada por la dentina, que le va a proporcionar ciertas peculiaridades ya que es un tejido rígido que limita el aumento de volumen de la pulpa en procesos de presión tisular ⁽²⁾. La pulpa la encontramos ocupando la cámara pulpar en la corona y los conductos radiculares de las raíces del diente ⁽⁵⁾.

La relación que se establece entre los odontoblastos de la pulpa y la dentina se denomina complejo dentino-pulpar ya que tiene el mismo origen embriológico e implicaciones estructurales por lo que vamos a considerarlo como una unidad funcional. ^(2,5). Este complejo va a funcionar como una unidad sensorial con capacidad de respuesta.

1.1.1. Odontogénesis

La odontogénesis es un proceso fisiológico que ocurre dentro del complejo desarrollo craneofacial. Los dientes humanos derivan de dos de las primitivas capas germinales, denominadas ectodermo y mesodermo, con una contribución importante de la cresta neural.

En dicho proceso vamos a distinguir dos grandes fases:

- 1) Morfogénesis o morfodiferenciación: Consiste en el desarrollo y la formación de los patrones coronarios y radiculares, como resultado de la división, el desplazamiento y la organización en distintas capas de las poblaciones celulares, epiteliales y mesenquimatosas ^(6,8).
- 2) Histogénesis o histodiferenciación: Conlleva la formación de distintos tipos de tejidos dentarios: el esmalte, la dentina y la pulpa en los patrones previamente formados ⁽⁶⁻⁸⁾.

Durante la tercera y cuarta semana del desarrollo embrionario, en el ectodermo aparece un engrosamiento que constituye la placa neural, cuyos márgenes se elevan y se pliegan. A partir de este pliegue se forman unas células, que van a emigrar hacia regiones de la cara y

del cuello, originando, entre otros elementos, la pulpa, el ligamento periodontal, el cemento, la dentina y el hueso ^(2,5).

A la sexta semana de vida embrionaria en el ectomesénquima se origina una proliferación del epitelio, formándose la lámina dental ⁽⁶⁾, responsable de la formación de los diez crecimientos epiteliales dentro del ectomesénquima de cada maxilar, correspondientes a los veinte dientes deciduos.

A partir de ese momento se establece una continua inducción recíproca epiteliomesenquimatosas ^(6,9) que permitirá el desarrollo de estructuras que formarán a partir del epitelio ectodérmico el esmalte y del ectomesénquima la dentina, la pulpa, el cemento, el ligamento periodontal y el hueso ⁽⁹⁾.

A partir de la lámina dental, el desarrollo dentario se realiza en tres etapas: gérmenes o brotes, caperuza o casquete y campana, durante las cuáles ocurren tanto la morfodiferenciación como la histodiferenciación del órgano dental. Sin embargo, hay que destacar que la odontogénesis es un proceso continuo y no es posible establecer diferencias claras entre los estadios, aunque resulten de gran ayuda para favorecer la comprensión del desarrollo dental.

Estadio de brote dental (Figura 1): En la 8ª semana de desarrollo intrauterino se desarrollan unas proliferaciones locales de la lámina dental. Este periodo de iniciación y proliferación es breve y aparecen los gérmenes dentarios, los cuales se corresponden con el número de dientes temporales (10 en el maxilar y 10 en la mandíbula) ⁽⁶⁾.

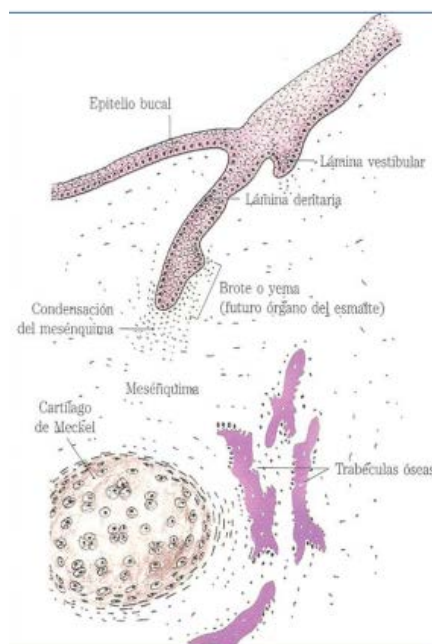


Figura 1: Esquema de la formación de brote dentario ⁽⁶⁾.

Las células del epitelio de la lámina dental proliferan y originan un engrosamiento en el ectomesénquima adyacente; al mismo tiempo éste se condensa formando el folículo dentario ^(2,5). En este estadio las células epiteliales muestran poco cambio respecto a su forma o función, ya que aún no se ha comenzado el proceso de histodiferenciación ⁽¹⁰⁻¹³⁾.

Estadio de casquete (Figuras 2 y 3): Aproximadamente en la 10ª semana de vida intrauterina las células de lámina dental proliferan y permiten una invaginación del ectomesénquima que constituye la papila dental, que será la futura pulpa del diente ^(2, 5,6).

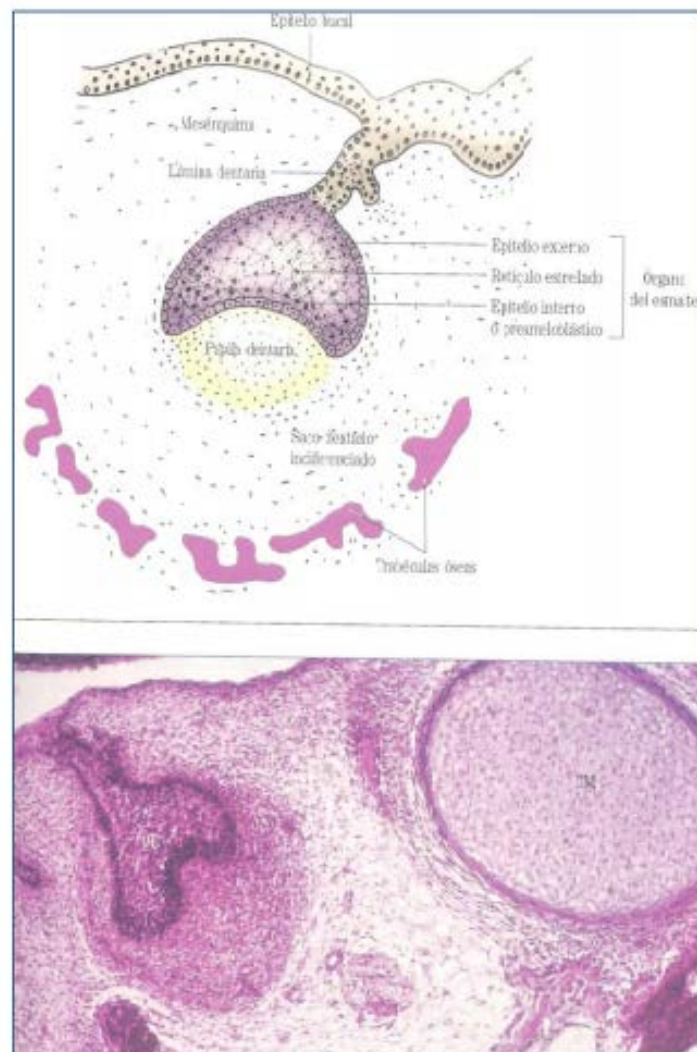


Figura 2: Etapa de casquete inicial: esquema al microscopio óptico ⁽⁶⁾.

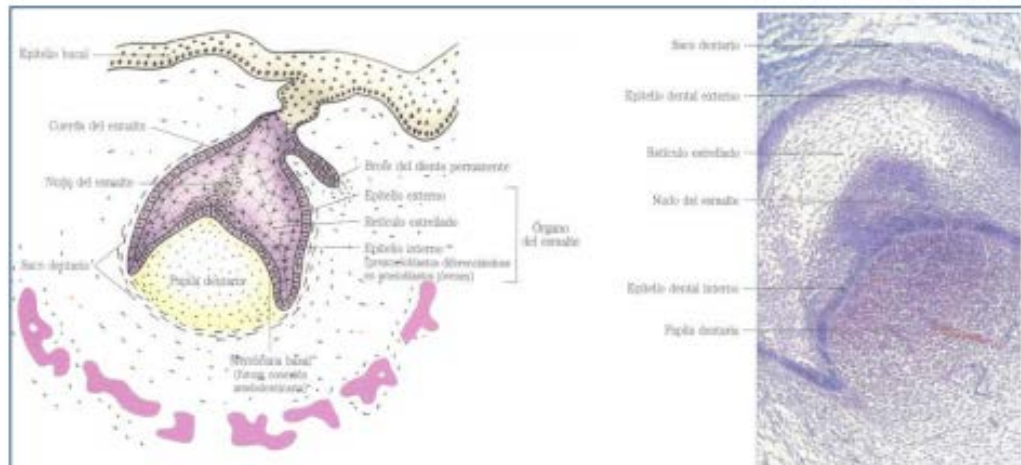


Figura 3: Etapa de casquete terminal: esquema y visión al microscopio óptico ⁽⁶⁾.

Estadio de campana (Figura 4): Aproximadamente en la 12ª semana, en este estadio se establecen los procesos de diferenciación histológicos y morfológicos de todos los elementos estructurales. En el epitelio periférico se pueden distinguir dos áreas: epitelio interno y epitelio externo del esmalte. Los extremos más apicales de estos epitelios se conocen como el asa cervical, de la cual derivará la raíz dentaria. En este estadio se desarrolla el órgano del esmalte. En esta fase, el ectomesénquima de la papila dental queda rodeado por epitelio invaginado, y los vasos sanguíneos quedan ubicados en dicha papila ^(5,6).

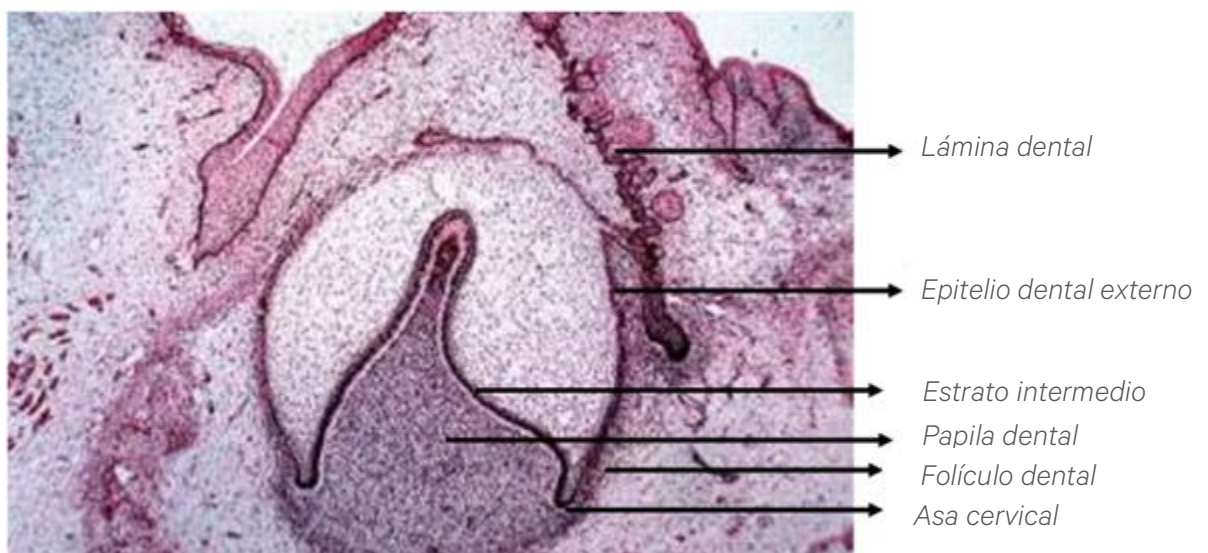


Figura 4: Estadio de campana ⁽⁶⁾.

Formación de la raíz: El desarrollo de las raíces comienza después de la formación del esmalte ⁽²⁾ lo que sucede aproximadamente a los 6 meses después del nacimiento. La raíz dental está formada por dentina cubierta de cemento. Al igual que en la formación de la corona, es necesaria la presencia de células epiteliales para iniciar la diferenciación de los odontoblastos que formarán la dentina radicular ^(6,10-12).

La vaina epitelial de Hertwing resulta de la fusión del epitelio interno y externo del órgano del esmalte a nivel del asa cervical ^(5,6). Delimitará la pulpa del diente y será la responsable de la formación, número, tamaño y forma de las raíces ⁽²⁾.

Cuando la vaina epitelial radicular de Hertwing ha alcanzado su longitud máxima, se dobla hacia dentro circunferencialmente, constituyendo el diafragma o lengüeta epitelial, estructura que establece la longitud del diente y delimita el foramen apical. Es en este momento cuando se habla de pulpa dental. En los casos de dientes multirradiculares, la vaina epitelial de Hertwing forma invaginaciones que dividirán el infundíbulo radicular en dos, tres o más raíces ⁽⁵⁾.

Formación del hueso: A partir de las células mesenquimatosas indiferenciadas del saco dentario se diferencian los osteoblastos que producen tejido osteoide que formará el hueso alveolar ^(2,5).

Formación del ligamento periodontal: El ectomesénquima que rodea al esmalte y a la papila dental forma el saco dental y empieza a diferenciarse un tejido conectivo muy rico en fibras colágenas. Éstas se disponen irregularmente constituyendo la membrana periodontica, en la que se observan las fibras de Sharpey, las fibras cementosas y el plexo intermedio. En el estadio maduro, estas fibras se organizan en haces y es cuando reciben el nombre de ligamento periodontal ^(2,5).

Formación del cemento: La dentina radicular se forma progresivamente en sentido coronoapical, depositándose sobre la vaina epitelial radicular de Hertwing. La contracción que se produce al mineralizarse la matriz de la dentina origina la fragmentación de la vaina epitelial. A partir de las células indiferenciadas en el saco dentario se originan los fibroblastos y cementoblastos que penetran en los huecos que existen entre los fragmentos de la vaina epitelial formando el precemento. Al mismo tiempo se forman fibras colágenas tipo I que quedan incluidas en dicho precemento que al mineralizarse constituyen las fibras cementosas ⁽⁵⁾.

1.1.2. Morfología pulpar

En la pulpa se distinguen cuatro zonas bien diferenciadas:

- Zona odontoblástica: Es el estrato más exterior de la pulpa sana. Se encuentra localizada inmediatamente por debajo de la predentina. Está compuesta por los cuerpos o somas celulares de los odontoblastos, cuyas proyecciones se ubican en el interior de los túbulos dentinarios. Su función es la producción de la matriz dentinaria al unirse a la capa odontoblástica y a los componentes fibrilares de Von Korff ^(2,5,6).
- Zona de Weil: Se localiza bajo la capa odontoblástica, en la pulpa coronal, en la zona radicular. Es una zona de escaso contenido celular, que es atravesada por los capilares sanguíneos, las fibras nerviosas amielínicas y los delgados procesos citoplasmáticos de los fibroblastos. La presencia o ausencia de la zona pobre en células depende del estado funcional de la pulpa. Esta zona puede no ser aparente en las pulpas jóvenes, donde la dentina se forma con rapidez, o en pulpas viejas, donde se genera dentina reparadora ^(2,5,6).
- Zona celular: Esta zona rica en células se encuentra en el área subodontoblástica, que además de contener una proporción elevada de fibroblastos que originan las fibras de Von Korff, puede incluir una cantidad variable de macrófagos, células ectomesenquimatosas indiferenciadas y linfocitos ^(2,5,6).
- Zona central: Es la masa de la pulpa que contiene vasos sanguíneos y fibras nerviosas de mayor diámetro. La mayoría de las células del tejido conectivo de esta zona son fibroblastos, que junto con una red de fibras colágenas, se encuentran embebidas en la sustancia fundamental del tejido conectivo ^(2,5).

1.2. Anatomía de la dentición decidua

Los principios generales de la terapia pulpar en dientes permanentes no se aplican por igual en los dientes temporales. Hay que tener en cuenta que existen diferencias en la anatomía pulpar entre los dientes deciduos y los permanentes.

1.2.1. Diferencias entre dentición temporal y dentición permanente

Observamos diferencias entre la dentición temporal y la permanente por los llamados “caracteres de la dentición”, que son un conjunto de rasgos diferenciadores que resultan de la comparación de ambas denticiones ⁽¹⁾.

A diferencia de sus homólogos permanentes, los dientes primarios son de menor tamaño y presentan varias diferencias a nivel coronal, radicular y pulpar ^(4,5,14).

Características coronales:

A continuación se describen los principales rasgos de las coronas en dentición temporal que difieren con los de la dentición permanente.

Los dientes temporales presentan áreas de contacto más amplias y planas en sus coronas que las de los dientes permanentes ^(1,5), siendo dichas coronas más cortas con respecto a las raíces ⁽¹⁾. Las piezas deciduas presentan un menor grosor de esmalte y de dentina, encontrándose menos mineralizados que sus análogos permanentes por lo que antes de su exfoliación podemos observarlos muy desgastados ^(4,5).

Las coronas de los molares deciduos tienen una constricción coronal muy marcada en el cuello, por la presencia de superficies linguales y vestibulares abultadas ^(1,5,15), lo que provoca que presenten una curvatura cervical más aplanada resultando la cara oclusal más estrecha que la de los molares permanentes. El esmalte en la coronas de los molares deciduos parece engrosarse cerca de la línea cervical, en vez de estrecharse gradualmente como ocurre en la dentición permanente ^(1,5,15).

Las coronas de los molares temporales son más anchas mesiodistalmente si las comparamos con las coronas de los permanentes ^(5,14), aunque resultan más delgadas en su porción cervical.

Los prismas del esmalte del tercio gingival de la corona de los dientes temporales se extienden en la dirección oclusal a partir de la unión amelocementaria, y parecen engrosarse

cerca de la línea cervical, en vez de estrecharse gradualmente como ocurre en la dentición permanente ⁽¹⁵⁾.

Características radiculares

Al hablar de los rasgos radiculares de la dentición decidua cabe destacar los siguientes:

Las raíces de los dientes temporales carecen de tronco radicular, por lo que salen directamente de las coronas ⁽¹⁾. Estas raíces de los dientes temporales son más largas, más delgadas y más curvadas, por lo que van a presentar conductos más acintados, irregulares tanto en su forma como en su número y con un mayor número de ramificaciones apicales que los dientes definitivos ^(1,4).

Las raíces de los molares de los dientes deciduos tienden a arquearse, dándoles una forma acampanada, para albergar a los gérmenes de los dientes definitivos durante su proceso de formación ^(1,5,14).

Las raíces de los primeros molares son más cortas y más acampanadas que las raíces de los segundos molares temporales y se extienden por fuera de la línea de proyección de la corona ⁽¹⁴⁾.

Las raíces de dientes primarios presentan las salidas apicales más grandes que las de los permanentes, lo que podría explicar la elevada incidencia a reacciones inflamatorias pulpares en la dentición decidua ^(5,15).

Características pulpares

La pulpa dental de los dientes primarios se caracteriza por tener un periodo de vida más corto que los dientes permanentes. Por ello las estructuras histológicas no alcanzan el mismo grado de desarrollo que sus análogos permanentes, por lo que las zonas topográficas no se encuentran claramente diferenciadas ^(1,7).

Las cámaras pulpares en dentición decidua son muy amplias y se encuentran próximas a la superficie externa del diente, siendo el cuerno mesiovestibular el más prominente ^(1,4,5,14).

El suelo de la cámara pulpar es fino y cribado, con presencia de conductos accesorios, lo que favorece en el caso de pulpas infectadas, la afectación de la zona interradicular ⁽⁴⁾.

1.2.2. Características de la raíz de cada diente temporal

Incisivo central maxilar temporal:

La raíz del incisivo central maxilar en su cara vestibular es lisa, convexa y cónica, con los lados aplanados. Presenta una longitud dos veces superior a la corona y converge hacia un ápice redondeado que se inclina en su tercio apical hacia vestibular ⁽¹⁾.

En la cara palatina, la raíz se estrecha, presentando una depresión longitudinal.

Las caras mesial y distal de la raíz parecen más aplanadas que las vestibular y la palatina, con un ligero surco vertical ^(14,15) (Figura 5).



Figura 5: Incisivo central maxilar temporal.

Incisivo lateral maxilar temporal:

El incisivo lateral maxilar resulta muy similar al incisivo central superior, con la diferencia de que la raíz es más larga en relación a la corona ^(1,14,15).

Canino maxilar temporal:

El canino maxilar presenta una raíz cónica, fuerte y larga si la observamos desde la cara vestibular.

La cara lingual sin embargo es más estrecha y suele estar inclinada hacia distal a partir del tercio medio.

La raíz de esta pieza dental decidua tiende a dirigirse hacia palatino en los dos tercios cervicales apicales ^(1,14,15) (Figura 6).



Figura 6: Canino maxilar temporal.

Incisivo central temporal y lateral mandibular temporal:

La raíz de los dientes anteriores inferiores deciduos es uniformemente cónica y casi tres veces más larga que su corona ^(1,14,15). La cara lingual de esta raíz, es más estrecha que la cara vestibular. La superficie mesial es casi plana y se estrecha uniformemente hacia apical. Cabe destacar que la cara distal de la raíz presenta una depresión del desarrollo ^(14,15).

Canino mandibular temporal:

La raíz del canino inferior temporal es más corta que su antagonista, más delgada y el doble de larga que la corona, observándose una convergencia hacia apical y lingual ^(1,14,15).

Primer molar maxilar temporal:

El primer molar superior temporal posee tres raíces, una mesiovestibular, una disto-vestibular y otra palatina, cada una de ellas con un solo conducto ^(1,14,15).

Las raíces de esta pieza decidua se encuentran muy separadas siendo delgadas y largas ^(1,14,15). Estas van a surgir sin tronco radicular desde la línea amelocementaria, en algunas ocasiones pueden aparecer fusionadas, principalmente la palatina y la disto-vestibular ^(1,14,15).

La raíz palatina es la más larga de las tres, ocupando una posición equidistante entre las otras dos raíces vestibulares ^(1, 14,15). Desde una proyección mesializada se puede apreciar como se curva hacia palatino ^(1, 14,15). Si mantenemos la misma proyección la raíz disto-vestibular se oculta detrás de la mesiovestibular (Figura 7).



Figura 7: Primer molar maxilar temporal.

Segundo molar maxilar temporal:

El segundo molar superior presenta, al igual que el primer molar maxilar, tres raíces diferenciadas, la raíz palatina, la raíz mesiovestibular y la raíz distovestibular. Éstas son mucho más largas y robustas emergiendo de un tronco común corto ^(1,14,15) junto a la línea cervical de la corona. El punto de bifurcación entre la raíz mesiovestibular y la raíz palatina la encontramos a 2-3mm hacia apical de esta línea ^(14,15).

Por su parte, la raíz palatina presenta la misma curvatura que los primeros molares maxilares ⁽¹⁾.

Primer molar mandibular temporal:

El primer molar inferior presenta dos raíces, una mesial y otra distal, que divergen y se curvan hacia apical ⁽¹⁾. Estas raíces son largas y estrechas, ensanchándose considerablemente en el tercio más apical ^(14,15).



Figura 8: Primer molar mandibular temporal.

La raíz mesial, es casi tan ancha como la corona y presenta dos conductos radiculares ^(1,14,15), sin embargo, la raíz distal es más redondeada, corta y se afina apicalmente, presentando un único conducto radicular ^(1,14,15) (Figura 8).

Segundo molar mandibular temporal:

El segundo molar inferior presenta dos raíces, una mesial y otra distal, las cuales son muy estrechas mesiodistalmente y anchas en sentido vestibulolingual. Se caracterizan por su gran divergencia, así como por presentar una curvatura menor que las del primer molar maxilar ⁽¹⁾. El punto de bifurcación de las raíces se encuentra en la unión amelocementaria entre la corona y la raíz.

La raíz mesial es ancha y plana, con el ápice romo o en forma de sierra, presentando dos conductos radiculares ⁽¹⁾. Por otra parte, la raíz distal es casi tan ancha como la mesial, encontrándose también aplanada en su cara distal. Se estrecha más en el extremo apical, en comparación con la raíz mesial. Ésta únicamente presenta un conducto radicular ⁽¹⁾.

1.2.3. Apertura cameral de los diferentes grupos dentarios

Incisivo central e incisivo lateral superior temporal:

La apertura cameral de estos dientes temporales se realiza por palatino, un milímetro sobre el cíngulo del diente, presentando una forma ovalada de vestibular a palatino (Figura 9).

Canino superior y canino inferior temporal:

La apertura cameral de los caninos deciduos se realiza por palatino, un milímetro sobre el cíngulo del diente, teniendo una forma ovalada en dirección vestibulo-palatino (Figura 10).



Figura 9: Apertura cameral del incisivo central superior temporal.



Figura 10: Apertura cameral del canino superior temporal.

Primer y segundo molar superior temporal:

En estos molares maxilares deciduos la apertura cameral presenta una forma cuadrangular sobre la cara oclusal del diente (Figura 11). Tras la apertura, encontramos tres conductos radiculares: el mesiovestibular, el distovestibular y el palatino.



Figura 11: Apertura cameral del primer molar superior temporal.

Primer y segundo molar inferior temporal:

La apertura cameral de los molares mandibulares temporales se realiza sobre la cara oclusal de la pieza dentaria presentando una forma trapezoidal, en la que la zona mesial es más ancha que la zona distal (Figura 12).

Tras la realización de la apertura podremos encontrar tres o cuatro conductos, siendo éstos: el mesiovestibular, mesiolingual, el distovestibular y el distolingual



Figura 12: Apertura cameral del primer molar inferior temporal.

1.3. Proceso de reabsorción radicular

Los maxilares del niño son de pequeño tamaño, por lo que el espacio y el número de dientes que pueden albergar es limitado. Es por esto que la especie humana requiere de dos denticiones, ya que los dientes una vez formados no pueden aumentar su tamaño. En el adulto, las dimensiones de los maxilares son mayores lo que obliga al desarrollo de una segunda dentición con dientes más grandes y un mayor número ^(16,17).

El recambio de la dentición temporal a la permanente comienza progresivamente a través del proceso de reabsorción fisiológica de la raíz, también llamado rizólisis de dientes primarios, el cual está programado genéticamente y resulta de la reducción del tamaño de la raíz y de la reabsorción de las estructuras de sostén y de los tejidos pulpares. ⁽²⁶⁾.

La completa formación de las raíces de los dientes temporales se produce al año de hacer su erupción. Por lo que, a los cuatro años de edad del niño, todos los dientes deciduos han completado su formación radicular. En esa época la reabsorción de las raíces de los incisivos puede haber comenzado ya que son los dientes que primero se forman ⁽¹⁶⁾.

El proceso de recambio dentario dura aproximadamente 6-8 años, en los que coexisten en la boca dientes temporales y dientes permanentes.

Se distinguen dos fases:

-Dentición mixta primera fase: En esta fase se exfolian los ocho incisivos temporales y son sustituidos por los permanentes. Además, emerge por distal del segundo molar temporal el primer molar permanente ^(8,18).

-Dentición mixta segunda fase: En esta última fase del recambio dentario, los caninos y molares temporales son sustituidos por los caninos permanentes y por los premolares. Durante este periodo se observa la emergencia del segundo molar permanente por distal del primer molar permanente ^(8,18).

1.3.1. Factores que intervienen en la reabsorción fisiológica

La reabsorción o rizólisis es un proceso fisiológico que consiste en la pérdida de sustancia de los elementos tisulares de los dientes temporales para facilitar su exfoliación. Es el ciclo vital de la dentición temporal y facilita la erupción de los dientes de reemplazo.

La reabsorción es un mecanismo cíclico que alterna periodos de reposo y de neoformación de tejido óseo y de cemento con la reparación del ligamento periodontal. En los casos

que se haya producido la liberación de las fibras periodontales, éstas pueden reinsertarse tanto en el tejido óseo como en el cemento.

Intervienen factores genéticos generales y locales.

Factores genéticos generales: Se deben a la hipoactividad e hiperactividad de las glándulas tiroideas y de la hipófisis, las cuales son las responsables del retardo y de la aceleración del proceso de rizólisis.^(18,19) También intervienen factores hereditarios y nutricionales.

Factores genéticos locales: En el desarrollo del folículo del diente definitivo adquieren gran importancia procesos como los inflamatorios, la vascularización en el lugar de la reabsorción y el trauma oclusal^(18,19).

El folículo del diente definitivo es importante para que se produzca la rizólisis de las raíces de los dientes deciduos. No obstante, la presencia de una agenesia del diente permanente, determina una disminución del ritmo de reabsorción, aunque no indica que no se vayan a reabsorber las raíces del diente temporal.

Para explicar la reabsorción sin la presencia del diente sucesor, se habla del papel de las fuerzas oclusales que sobrecargan al periodonto del diente temporal cuando persiste más allá de lo biológicamente previsto. Clínicamente, se comprueba que si se alivia la oclusión, el diente deciduo se fija y pierde movilidad durante algún tiempo^(1,20,21).

Fanning observó que si existía agenesia del diente permanente se retrasaba la rizólisis del temporal, y ésto era menos marcado en los incisivos que en los molares⁽²²⁾. Otros autores, como Bjerklein, comprobaron que dientes temporales sin sucesor permanente pueden mantenerse en boca durante largos periodos de tiempo⁽²¹⁾. Oberstyn, por su parte, estudió cómo influye la inflamación, el trauma oclusal y la ausencia de gérmenes en perros. Este autor observó que en dientes no sometidos a trauma oclusal, al igual que los dientes temporales sin sucesor permanente, se retrasa la rizólisis. Sin embargo en dientes sometidos a inflamación, cubriendo el tejido pulpar con resina autopolimerizable, la reabsorción dentaria se adelantaba⁽²³⁾.

Otros autores como Sahara, en su estudio realizado sobre conejos, no cree que la inflamación ni el trauma oclusal influyan en la rizólisis. Sin embargo, este autor sí que observó que el germen del diente permanente, así como el tejido conectivo adyacente, pueden jugar un papel muy importante en el reclutamiento, desarrollo y activación de los odontoclastos antes del inicio de la reabsorción fisiológica⁽²⁴⁾. Cabe destacar que ambos estudios se realizaron en animales de experimentación, no encontrándose en la literatura científica investigaciones de este tipo realizados en humanos.

En cambio si existe diente de reemplazo, éste ejercerá una presión sobre el diente temporal. Según refieren Kim y cols, autores como Brown creen que la presión de los gérmenes

de los permanentes provoca una liberación de monocitos, los cuáles se convierten en osteoclastos y en odontoclastos que iniciarían la reabsorción ^(25,26). Esta idea concuerda con otros autores que refieren que el folículo dental puede ser el responsable del reclutamiento de células mononucleares y de la creación de un entorno favorable para su diferenciación en osteoclastos y odontoclastos ^(26,27).

Otros factores auxiliares que intervienen en la reabsorción radicular son:

- *Las fuerzas que ejercen los músculos masticatorios*, a medida que crece el individuo, son mayores que las que puede soportar el ligamento periodontal del diente deciduo, lo que produce un traumatismo de este ligamento y como consecuencia comienza la reabsorción radicular ⁽¹⁷⁾.
- *El debilitamiento de los tejidos de sostén* se debe a la reabsorción de las raíces, la erupción activa y pasiva continua, que parece acelerarse durante el periodo de exfoliación. Se observa que el diente deciduo presenta su fijación epitelial cada vez más hacia apical, por lo que da un aspecto de agrandamiento de la corona clínica y acortamiento de la raíz, a la cual están ancladas las fibras del ligamento periodontal ⁽¹⁷⁾.
-

1.3.2. Células implicadas en la reabsorción fisiológica

La rizólisis es llevada a cabo por distintos tipos de células mesenquimales como son los odontoclastos, los macrófagos, los fibroblastos, los cementoblastos y los osteoclastos. De todos ellos, el papel más claro y definido es el de los odontoclastos, los cuales están directamente envueltos en la reabsorción de tejido mineralizado y no mineralizado ^(28, 29,30-32). En la rizólisis también interactúan de forma compleja moléculas biológicas, citoquinas, enzimas y hormonas ⁽³⁰⁾.

Durante la rizólisis el cemento y la dentina radicular son eliminados por la acción de los odontoclastos u osteoclastos, y aunque el proceso de activación y reclutamiento es todavía controvertido, la reabsorción se produce de manera parecida a lo que ocurre en el hueso ^(27, 33).

Los osteoclastos son células gigantes multinucleadas derivadas de células hematopoyéticas que reabsorben hueso ^(6,20,28,31,34). Dado su origen y características morfofuncionales, se consideran integrantes del sistema fagocítico mononuclear ^(6,20,28,31,34). El metabolismo óseo implica la formación y la reabsorción ósea, lo cual está controlado por citocinas, factores de crecimiento, prostaglandinas y hormonas sistémicas ⁽³⁵⁾.

La diferenciación de los osteoclastos, así como su función están controladas por factores producidos por células de la médula ósea. Estos factores son: por un lado el factor

RANK/RANKL (receptor activador del factor nuclear Kappa B), (L: ligando) y por otro lado la Osteoprotegerina (OPG) ^(27, 36,37).

El RANK-L está localizado en la superficie de los osteoblastos y el RANK en los precursores de los osteoclastos. Un contacto físico entre los osteoblastos y los precursores de los osteoclastos, implica una interacción directa entre RANKL Y RANK, la cual es necesaria para la formación y activación de los osteoclastos. Una vez activados, se inicia la reabsorción ósea ^(27,36, 37).

La Osteoprotegerina, también conocida como factor de inhibición de la osteoclastogénesis, es una proteína, que inhibe los efectos del RANK/RANKL, por tanto impide el desarrollo de los osteoclastos y la posterior reabsorción ósea ^(27,36,37).

Otro de los factores importantes para la formación de los osteoclastos es el factor estimulador de colonia de macrófagos (M-CSF). Éste es un factor de crecimiento hematopoyético, producido por fibroblastos, células endoteliales, macrófagos y monocitos. Está implicado en el crecimiento, la supervivencia, la proliferación y la diferenciación de células hematopoyéticas como son los macrófagos, los osteoclastos, los fibroblastos y las células endoteliales ^(27,32).

Una vez activados, los osteoclastos se adhieren a la matriz ósea y forman una única estructura. Los pasos iniciales del proceso de reabsorción consistirán en la acidificación del medio extracelular, lo que provocará una desmineralización ⁽²⁷⁾.

Las células responsables de la remodelación del tejido duro dentario son idénticas a los osteoclastos, son los denominados odontoclastos. Éstas son células que tienen su origen en los monocitos, son multinucleadas, con bordes irregulares, citoplasma vacuolado y con abundantes lisosomas citoplasmáticos ^(6,28,30-34,38,39).

El control de la función de los odontoclastos ha sido descrito de forma similar a lo que ocurre en los osteoclastos, aunque con algunas diferencias. El receptor RANK es expresado por los odontoclastos y el RANKL por los odontoblastos, la pulpa, el ligamento periodontal, los fibroblastos y los cementoblastos. También se ha sugerido que factores como M-CSF y la osteoprotegerina, pueden ser expresados por odontoclastos, ameloblastos y células de la pulpa dental. Al igual que ocurría en los osteoclastos, la expresión de RANKL, la OPG y el M-CSF podrían ser importantes para la diferenciación así como para la activación de los odontoclastos para producir la reabsorción dentaria ^(37,39).

Existe controversia en cuanto a la distribución de los odontoclastos durante la reabsorción dentaria. Los odontoclastos se encuentran más comúnmente sobre la superficie de las raíces en relación al avance del diente permanente. Sin embargo, también han sido descritos en los conductos radiculares y en las cámaras pulpares de dientes en reabsorción apoyados contra la superficie de predentina ⁽³¹⁾.

Se discute su localización en la cámara pulpar, la razón más probable es que existan diferentes formas de reabsorción para cada diente. Por lo general los unirradiculares son reemplazados antes de que se haya completado la reabsorción de la raíz; por lo tanto, no se encuentran odontoclastos dentro de las cámaras pulpares de estos dientes y la capa de odontoblastos se mantiene intacta. Sin embargo, en los molares, por lo general, las raíces están completamente reabsorbidas así como lo está parcialmente la corona antes de la exfoliación. Cuando esto ocurre la capa de odontoblastos es reemplazada por odontoclastos, los cuales reabsorben tanto la dentina primaria como la secundaria ⁽³¹⁾.

Al igual que ocurre en el hueso, la raíz está cubierta por fibras de colágeno y de cementoblastos ⁽³⁹⁾. Existe evidencia científica suficiente de que después de cesar la reabsorción dentaria, el área reabsorbida es rápidamente reparada por depósito de cemento o tejido parecido al cemento ^(29,30,31,40-42). Además en esta zona de reparación podemos encontrar la presencia de sustancias orgánicas secretadas por los odontoclastos. Esta deposición de cemento tras la reabsorción también ha sido constatada en animales de experimentación ⁽⁴²⁾.

1.3.3. Etapas y tipos de la reabsorción de la raíz en dentición temporal

Sasaki y cols en 1990 estudiaron los procesos de resorción de los dientes temporales en trabajos de experimentación y establecieron tres fases o etapas ⁽¹⁹⁾:

1.- Etapas de iniciación: Las primeras manifestaciones son que el cemento y la dentina se presentan muy irregulares debido a la pérdida de sustancia en forma de muescas. En el frente de la reabsorción se encuentran los odontoblastos y escasas células mononucleadas. Adyacentes a los odontoblastos existen numerosos fibroblastos y pocos macrófagos. Los fibroblastos extienden numerosas prolongaciones delgadas, que pueden contener partículas de colágeno fagocitado.

2.- Etapas activa de reabsorción radicular: En esta fase hay presencia de odontoclastos gigantes cuya superficie adyacente a la reabsorción ósea presenta un borde que parece fruncido y junto a éstos encontramos a los cementoblastos. Entre estas células y la dentina se hallan abundantes fibrillas colágenas. En esta etapa los fibroblastos carecen de gránulos de secreción y los macrófagos pueden contener elementos sanguíneos como eritrocitos y leucocitos.

3.- Etapas de descanso: Durante esta etapa la superficie dentaria se presenta relativamente lisa y recubierta por una capa de cementoblastos y no existe presencia de odontoclastos activos.

Tipos de Reabsorción en dentición temporal

- *Reabsorción externa de la superficie:* Se caracteriza por múltiples excavaciones que se extienden hasta hacer desaparecer parte de una región ⁽¹⁹⁾.
- *Reabsorción externa de tipo cavernoso:* Comienza por una excavación localizada en una zona aislada de la raíz, el proceso continúa en profundidad y en diversas direcciones dentro del tejido dentinario, mediante la formación de una serie de cavernas internas ⁽¹⁹⁾.
- *Reabsorción interna o dentinoclasia:* Se inicia en la pared pulpar de la dentina. Este mecanismo es muy frecuente cuando el proceso es iniciado en la superficie externa alcanza la pulpa ⁽¹⁹⁾.
-

1.3.4. Patrón de la exfoliación de la dentición temporal

La rizólisis es un proceso intermitente en el que se alteran periodos de reabsorción activa con otros de reposo, durante los cuales se pone en marcha procesos que restablecen la inserción periodontal de la zona reabsorbida ^(1,16,19) y se deposita cemento sobre la superficie radicular para repararla y la dentina radicular es reabsorbida por odontoclastos ⁽¹⁾.

Para que se produzca la erupción de la dentición permanente es imprescindible que se reabsorban las raíces de los dientes temporales y desaparezca el parodonto de inserción y el de protección, así como la reabsorción y formación del hueso alveolar ⁽⁴³⁾. El mecanismo de reabsorción parece darse en el folículo dental y se relaciona con una activación metabólica en el folículo o en los tejidos duros y blandos que lo rodean ⁽⁴³⁾.

Se inicia con un primer centro de reabsorción que se sitúa en el tercio medio de las superficies linguales de incisivos y caninos temporales y en las superficies interradiculares de los molares temporales. El segundo centro va a aparecer a nivel de los ápices radiculares ⁽⁸⁾. Previo a la exfoliación definitiva del diente deciduo, éste va a encontrarse fijado únicamente por fibras periodontales del corion de la encía y por el tejido pulpar que se encuentra unido al tejido conectivo subyacente.

El patrón de reabsorción de dientes temporales depende de la posición del diente permanente en relación con el deciduo ^(17,34).

Los dientes unirradiculares permanentes se van a posicionar en lingual y/o en palatino de sus antecesores. Las coronas de los permanentes se encuentran desplazadas hacia distal con respecto a sus homólogos temporales debido a la diferencia de diámetro mesiodistal. La reabsorción se hace en la superficie lingual o palatina por lo que el diente cuando se exfolie lo hará con gran parte de la cámara pulpar intacta ^(9,27, 34).

Los premolares permanentes los vamos a encontrar albergados entre las raíces divergentes de los molares temporales. Van a erupcionar en dirección oclusal, por lo que la reabsorción de dentina interradicular de los molares deciduos ocurre con la reabsorción de la cámara pulpar y la dentina coronaria ^(9,27,34,44).

La pulpa del diente temporal va a experimentar cambios en el proceso de exfoliación del diente. Va a sufrir una disminución de aporte sanguíneo, lo que dará lugar a una atrofia pulpar. Los fibroblastos pulpares comienzan a actuar como fibroclastos eliminando progresivamente la matriz extracelular del tejido pulpar y de las fibras del ligamento periodontal ⁽⁶⁾.

1.3.5.Reabsorción de los tejidos duros del diente

Hoy en día sabemos poco sobre como aparecen los precursores de los odontoclastos, para darles la orden para que comiencen la reabsorción fisiológica de las raíces de los dientes temporales en un momento determinado. El hueso que existe entre las raíces de la dentición temporal y el saco dentario del diente definitivo es reabsorbido al principio de la erupción por los osteoclastos, debido a la presión ejercida por la corona del diente permanente, lo que provocaría una isquemia en los tejidos suprayacentes dando una acidez al medio, lo cual estimularía a los odontoclastos y osteoclastos, que al reabsorber los tejidos duros ayudaría a disminuir esa isquemia ^(6,34). Sin embargo, la reabsorción de un diente decíduo puede producirse en ausencia de su sucesor.

El odontoclasto es capaz de reabsorber todos los tejidos duros del diente, se halla sobre las superficies de las raíces, reabsorbiendo dentina coronaria ⁽³⁴⁾. Este proceso lo denominamos odontoclasia.

Según Harokapakis ⁽²⁷⁾ los odontoclastos liberan enzimas hidrolíticas en las lagunas de reabsorción o los lisosomas para la degradación del colágeno y de las matrices orgánicas sin colágeno. Desmineralizan los cristales extracelulares de hidroxapatita de los tejidos duros del diente, por lo cual degradan las proteínas de la dentina ⁽²⁷⁾. Por lo tanto, los odontoclastos pueden reabsorber dentina y predentina y al final de la etapa de reabsorción pierden sus bordes ondulados y se adhieren a las superficies reabsorbidas.

Durante el proceso de osteoclasia y odontoclasia se producen unas concavidades denominadas lagunas de Howship, donde se encuentran los odontoclastos. Estas lagunas durante la fase inactiva se van a rellenar de un tejido similar al cemento celular aunque menos denso cuando lo observamos al microscopio ^(6,9,42,45,46). Según se va depositando este tejido regenerativo se van dando procesos de aposición ósea ^(6,9).

Durante la reabsorción activa, los odontoclastos se hayan en contacto con la superficie del diente presentando un característico reborde en cepillo, debido a que la membrana

plasmática próxima a la superficie dentaria presenta una serie de invaginaciones con cristales minerales en los pliegues ^(6,45).

1.3.6.Reabsorción del ligamento periodontal

La reabsorción del ligamento periodontal se lleva a cabo simultáneamente con la región radicular donde sus fibras toman inserción⁽¹⁹⁾. Éste tiene un importante papel en la reabsorción radicular ⁽³⁰⁾ ya que se pierde la capacidad protectora normalmente proporcionada por las células del ligamento. Posteriormente el reclutamiento y la activación de las células reabsortivas causan la pérdida progresiva de la estructura radicular ⁽⁴⁷⁾.

El tejido periodontal se desorganiza por completo, los fibroblastos cesan la síntesis de colágeno dando lugar a su degradación y las fibras se liberan del hueso y del cemento. Los vasos sanguíneos se comprimen localmente y se observa un marcado descenso del epitelio de unión, por pérdida del aparato de sostén, lo que conlleva a la movilidad del diente ⁽⁶⁾.

Experimentalmente es posible alterar la arquitectura del ligamento periodontal interfiriendo con la síntesis de colágeno. Ten Cate y cols ⁽³⁴⁾ observaron al microscopio electrónico que la pérdida del ligamento periodontal es abrupta. En el estudio realizado por estos autores en 1986, muestran que los fibroblastos acumulan mucho colágeno en su citoplasma antes de degenerar. Esto sugiere que el cese de la síntesis de colágeno, acoplada con un cambio en su velocidad de degradación por el fibroblasto sólo podría ocasionar la pérdida del colágeno del ligamento. Además, las características morfológicas de las células en degeneración de esta región indican que, más que una necrosis ocasionada por la pérdida de irrigación, se produce una muerte celular programada.

Wu y Richards ⁽⁴⁶⁾ realizaron un estudio en el que comparaban el comportamiento de las células del ligamento periodontal de la dentición temporal y permanente, observando que el ligamento periodontal de los dientes temporales produce gran variedad de enzimas que degradan la matriz, y en respuesta, aparecen células inflamatorias que elevan la producción de collagenasa y una cantidad similar de inhibidores y gelatinasa.

1.3.7.Reabsorción del tejido pulpar

La pulpa dentaria desde el punto de vista histológico ofrece el aspecto de un tejido de granulación o atrofia pulpar, lo que hace que la exfoliación sea un proceso indoloro. En la actualidad no se conoce con exactitud cómo ocurre la eliminación de los tejidos blandos ⁽⁶⁾.

Los cambios que experimenta el tejido pulpar en el proceso de exfoliación del diente temporal son muy acelerados. Existe una marcada disminución del aporte sanguíneo, lo que va a originar una progresiva atrofia pulpar, y finalmente la pulpa adopta un aspecto granulomatoso ⁽¹⁶⁾.

Inicialmente cada diente caduco y su sucesor permanente en desarrollo comparten una cripta alveolar común, estando situado el esbozo del diente permanente lingualmente en relación con el diente temporal. Al continuar el crecimiento, esta relación cambia y el diente permanente se coloca cerca del vértice de la raíz del diente caduco, dentro de su propia cripta ósea. La cripta alveolar del diente permanente no es completa, estando la abertura del conducto en su raíz, mientras que el folículo dental comunica con la mucosa oral que lo recubre y a la que se encuentra fijado. Este conducto recibe el nombre de conducto gubernacular ⁽⁹⁾.

1.3.8.Reabsorción patológica de la dentición temporal

Se sabe que el incremento en la tendencia a reabsorciones patológicas de los dientes temporales puede estar relacionado con la caries o infecciones periapicales ⁽⁴⁸⁾. Generalmente los dientes temporales sin vitalidad pulpar o con infecciones radiculares tienen una reabsorción mucho más lenta y más irregular que el recambio de los dientes con vitalidad y salud pulpar. Pero los autores observan que, aún sin pulpa, pero con una adecuada terapia de conducto radicular, se reabsorben y recambian sin dificultad ⁽⁴⁹⁾.

La reabsorción fisiológica de los dientes temporales o la erupción de los dientes definitivos puede verse alterada por diversos factores: como el patrón de erupción ectópico, la anquilosis del diente temporal, la presencia de dientes supernumerarios y de tumores odontogénicos, dientes impactados, la agenesia del diente permanente, caries extensas, necrosis pulpar producidas por grandes reconstrucciones y la extracción prematura de los dientes temporales.

Los niños con una afección sistémica pueden sufrir modificaciones en la reabsorción radicular de los dientes temporales debido a que tienen un sistema inmunológico inmaduro ⁽²⁶⁾. Incluyendo problemas hormonales, hipofosfatasa, hiperparatiroidismo, Enfermedad de Paget, Síndrome de Papillon-Lefèvre, enfermedades renales, enfermedades hepáticas y displasia ósea ⁽⁵⁰⁾.

1.4. Radiología

En el tratamiento de conductos la radiología es un valioso recurso auxiliar, complementario al examen clínico y al diagnóstico, siendo indispensable durante la realización del tratamiento y necesario para el control del proceso ⁽⁵¹⁻⁵⁸⁾.

La radiografía provee una imagen en dos dimensiones de objetos tridimensionales ^(55,57). Esto obliga al profesional a un entrenamiento adecuado para poder captar, interpretar e imaginar la tercera dimensión ^(51,52). También para identificar la anatomía normal, sus variaciones, y las patologías, ya que cuando la colocación geométrica del cono de haz de rayos no es ideal se pueden producir distorsiones en la imagen ⁽⁵²⁾. La relación óptima entre el cono de haz de rayos, el diente y la placa debe ser paralela ⁽⁵²⁾.

Desafortunadamente aunque no haya distorsión, las imágenes que se van a crear usando las angulaciones estándar pueden producir superposiciones de las estructuras anatómicas lo que dificultará la interpretación radiológica ^(52,53).

1.4.1. Historia de la radiología

En 1895, el físico alemán Wilhelm Conrad Roentgen descubrió de forma casual los Rayos X o también denominados rayos Roentgen. El 8 de noviembre se encontraba investigando el poder de penetración de los rayos catódicos, cuando al pasar la mano por delante del dispositivo, notó que sus huesos se dibujaban sobre una pantalla de cartón recubierta con platinocloruro de bario. De inmediato comprendió que acababa de hacer un descubrimiento y como desconocía la verdadera naturaleza de los rayos, los denominó X en homenaje a la incógnita matemática ⁽⁵¹⁾.

La aplicación en odontología fue materializada por el Dr. Otto Walkoff 14 días después del descubrimiento de Roentgen. Otto Walkoff obtuvo una radiografía de sus propios dientes. A los 5 meses, el Dr. William James describió el aparato de Roentgen y mostró varias radiografías. Tres meses después, el Dr. Edmund Kells dio la primera sesión clínica sobre el uso de radiografías con propósitos dentales y tres años más tarde, Kells usaba las radiografías para medir la longitud de las piezas dentales durante el tratamiento de conductos. Un año después, el Dr. Wetson A. Price sugirió que las radiografías se utilizasen para verificar la calidad de las obturaciones tras tratamientos de conductos ^(57,58,60).

Desde finales de la década de los años 80 y gracias al investigador francés Francis Mouyen contamos con la visiorradiografía ⁽⁵⁶⁾. Esta técnica parece mejorar la capacidad diagnóstica con respecto a la radiología convencional, optimizando el tiempo de trabajo y con una menor tasa de radiación utilizada ⁽⁶¹⁾.

Los rayos X son una radiación electromagnética (fotón de alta energía) con una longitud de onda muy corta (de 0,05 a 1 Å) generada en un punto de impacto de una corriente de electrones catódicos a alta velocidad, sobre el blanco de un tubo de rayos X. A causa de su poder de penetración, se utilizan para registrar en una película, sombras de densidades variables dentro de una proporción del cuerpo.

El objetivo de las radiografías es proporcionar la información necesaria para poder realizar prevención, diagnóstico, pronóstico y un plan de tratamiento. Además puede determinar datos sobre una enfermedad no evidente en la investigación clínica ^(53,57, 60,62).

Existen cuatro factores que pueden influir en la imagen radiológica: el kilovoltaje (Kv) que determina la calidad de la radiografía o el poder de penetración de los rayos, el miliamperaje (mA) o calidad de los rayos X emitidos, el tiempo de exposición y la distancia al foco, que será la menor posible ⁽⁶³⁾.

Las radiografías no son el método diagnóstico de la patología pulpar, sino que constituyen un método auxiliar o una prueba complementaria de especial interés ⁽⁵²⁾. Por lo que no se puede establecer un diagnóstico de certeza basándose exclusivamente en las radiografías, así como tampoco se puede emitir un diagnóstico radiológico correcto sobre la base de una radiografía mal realizada, por una subexposición o sobreexposición, por deficiencias en el funcionamiento del aparato de rayos X y por la técnica de ejecución por una mala alineación de la película o por el movimiento del paciente.

Las técnicas como la radiografía, que usan radiaciones ionizantes no son inofensivas. Se pueden asumir los riesgos teniendo en cuenta los beneficios demostrados ⁽⁵¹⁾, pero el clínico no debería someter al paciente a infinidad de exposiciones radiológicas innecesarias. No obstante cuando el diagnóstico es difícil es necesario realizar varias radiografías para intentar confirmar la presencia de varias raíces o conductos, reabsorciones radiculares, caries, defectos en las obturaciones, fracturas radiculares y el estado del desarrollo radicular y apical ^(2,53,64).

1.4.2. Técnicas radiológicas

Las técnicas intraorales más utilizadas son la radiografía periapical y la radiografía de aleta de mordida.

Radiografía periapical:

Para la realización de una radiografía periapical se pueden utilizar dos técnicas de proyección:

- Técnica de paralelismo:

Esta técnica es también denominada técnica del ángulo recto o del localizador largo. Fue descrita por Mc Cormack en 1920 y este autor planteaba que la distancia entre el foco roentgénico y la película debía ser de 90 cm. Fitzgerald, veintisiete años más tarde, modificó la técnica acortando la distancia entre el foco y la película (Figura 13).

En esta técnica el diente y la película se encuentran en una posición en la que son paralelos; ese paralelismo se consigue separando la película del diente. Este incremento de la distancia del objeto-película determina una falta de isometría del diente, que se compensa con el aumento de la distancia entre el foco emisor y el objeto. Esa distancia debe ser de 40cm. El rayo central debe ser perpendicular al diente y a la película, por lo que obtendremos una imagen no distorsionada siendo reproducible puesto que es fácil colocar la película en la misma posición.

Para ello pueden utilizarse dispositivos o soportes portaplacas o posicionadores del tipo Rinn Endo Ray (Rinn Corp.).

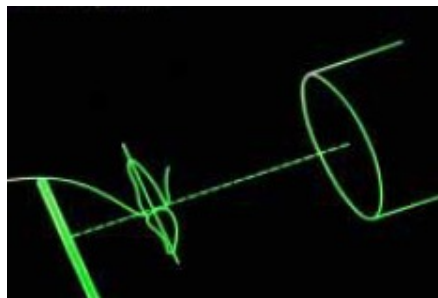


Figura 13: Esquema de la realización de la rx periapical mediante la técnica del paralelismo.

- Técnica de la bisectriz:

Esta técnica es la más utilizada por el odontólogo general, se basa en orientar el rayo central a la altura del ápice del diente a investigar. En el plano vertical, la incidencia del haz de rayos se dirige perpendicularmente a la bisectriz del ángulo que forman el diente y la película. El inconveniente de la técnica es que la imagen obtenida puede presentar distorsión, siendo su reproducción difícil.

Si la angulación del rayo es mayor que lo adecuado, la imagen aparecerá acortada. Si por el contrario, la angulación es escasa, el diente se verá elongado en la película ⁽⁵¹⁾.

El empleo de esta técnica en el tratamiento de conductos debe restringirse debido a su distorsión. Además, las radiografías intraoperatorias y las de control inmediato y mediato,

se deben realizar en condiciones técnicas similares a las del estudio preoperatorio. Esta técnica de la bisectriz no garantiza la similitud de esas condiciones ⁽⁶⁵⁾.

Otro detalle a tener en cuenta con esta técnica, es que durante la realización de un tratamiento de conductos, la posición del paciente es distinta a la convencional. Además, la presencia de los elementos relacionados con el aislamiento absoluto del campo operatorio que se emplean durante la realización del mismo, modifica la relación habitual del paquete radiológico con el diente a tratar (Figura 14).

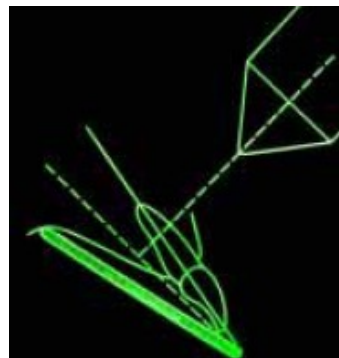


Figura 14: Esquema de la realización de la rx periapical mediante la técnica de la bisectriz.

- Método Clark 1916

Este método fue incorporado por Charles Clark en 1909, denominada también como la ley de objeto bucal, del objeto perdido o técnica del desplazamiento del tubo ⁽⁵²⁾.

Está basado en el principio del “Paralelaje” que se define como el desplazamiento aparente de un objeto cuando se observa desde puntos diferentes.

Si se recurre a este método del desplazamiento del tubo en el plano horizontal (distalizaremos o mesializaremos el foco) al revelar la radiografía el conducto más próximo al tubo de rayos X (el vestibular) aparecerá en el sentido opuesto al deslizamiento del tubo. Por el contrario, el conducto palatino que se halla más alejado del tubo aparecerá más próximo al paquete radiográfico (Figura 15 y Figura 16).

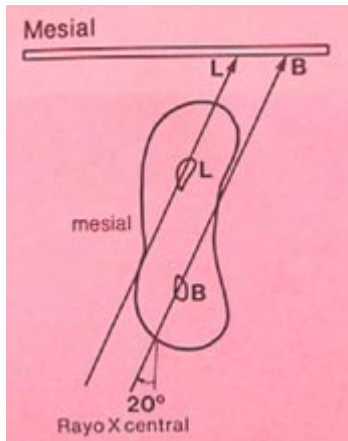


Figura 15: Esquema al realizar la rx mesializando el foco de rayos X.

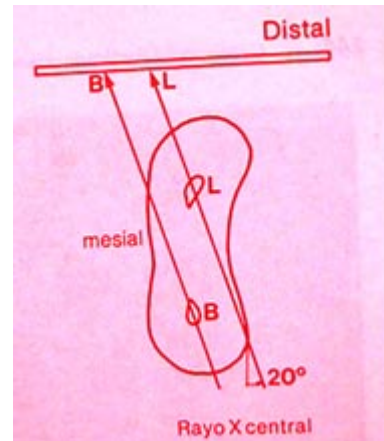


Figura 16: Esquema al realizar la rx distalizando el foco de rayos X.

Sabemos que la radiografía solo ofrece una realidad relativa, ya que solo observamos dos dimensiones y falta la tercera dimensión vestibulolingual. Ésta no se observa en una sola radiografía, y para ello se debe recurrir a diferentes técnicas de angulación en la proyección tanto horizontal como vertical.

- *Angulación horizontal:* Mencionada anteriormente como la técnica de Clarck.
- *Angulación vertical:* Al aumentar el ángulo vertical del haz central se puede corregir la elongación de una imagen y, al revés, se puede acortar reduciendo dicho ángulo.
- *Proyección directa:* Nos informa de la longitud aproximada de los conductos, la entrada de los mismos, la anchura mesiodistal de la cámara pulpar, las curvaturas radiculares hacia mesial o distal, la posición del foramen apical, las radiolucideces laterales y las lesiones periodontales.

Los rayos X se utilizan en tratamientos de pulpectomía en los dientes temporales para:

- Calcular la longitud de trabajo, o confirmarla si hemos utilizado el localizador de ápices.
- Valorar la obturación final de los tratamientos de conductos.
- Valorar el éxito o el fracaso de nuestro tratamiento de conductos en revisiones posteriores.

1.4.3. Radiología digital

Esta tecnología lleva en la práctica alrededor de 20 años, pero recientemente se ha refinado con equipos informáticos más potentes y programas informáticos más fáciles de manejar, tratando de superar a la radiografía convencional ^(51,61,66,67).

Esta técnica nos permite tomar radiografías de forma instantánea y al no utilizar película de rayos X se pueden almacenar en formato digital, que no se van a degradar con el paso del tiempo ^(2, 5,53). Este tipo de radiología elimina el tiempo de procesado de la placa y el uso de los líquidos químicos de revelado, así como reduce el tiempo de exposición ya que un sensor captura la imagen creada por la fuente de radiación ⁽⁶⁸⁻⁷⁰⁾.

Para lograr una buena calidad radiográfica se requiere una precisa colocación y angulación del tubo de rayos X ^(52,63,65). Estas radiografías presentan una calidad alta para la realización de tratamientos de conducto y permiten visualizar la punta de la lima en relación con el ápice radiográfico ^(60,70).

Las ventajas respecto a las radiografías convencionales son varias, se reduce la irradiación al paciente y se elimina el procesado químico por lo que aumenta la velocidad de adquisición de la imagen que es prácticamente instantánea, pudiendo el clínico aumentar el tamaño de zonas diferentes de la imagen radiográfica y retocarla digitalmente para mejorar su visualización ^(2,68,7-73).

Los inconvenientes son: la complejidad de los sistemas, su adaptación y su mejora permanente en cuanto al tratamiento de imágenes y el encarecimiento de los mismos ⁽⁷¹⁾.

Aunque la capacidad de los sensores utilizados en el sistema digital y la imagen obtenida tiene ventajas, y sugiere la posibilidad de abandonar la película convencional, ésta sigue ofreciendo una imagen de calidad y definición altas ^(2,5,74).

RADIOVISIOGRAFÍA

La radiovisiografía (RVG, Trophy, Radiologie, Vincennes, Frances) fue el primer sistema de radiología digital intraoral que se comercializó ⁽⁶⁹⁾. Este sistema intraoral utilizaba un sensor en vez de usar radiografía convencional ^(61,69,75). Posteriormente surgieron el Visualix-2 (Guidex-Dentsply) y el Sidexis (Siemens). Ninguno de estos dos últimos sistemas mejoró la imagen radiográfica con respecto al RVG de Trophy.

Varios estudios como el de Shearer en 1991⁽⁶⁶⁾ concluyen que RVG presenta menor resolución que la placa radiográfica convencional, aun así remarcan que la radiovisiografía produce imágenes más que aceptables con una menor dosis de radiación al compararla con la radiografía convencional, llegando a representar aproximadamente un 80% de reducción de la dosis de radiación ^(62,66,76).

Jones en 1998 afirma que utilizan más radiación cuando usan RVG que con radiografía convencional, al contrario de muchas investigaciones como la de Mouyen ⁽⁷⁶⁾ en 1991 o la de Trobo ⁽⁵⁶⁾ en 1996.

Un estudio realizado por Ellingsen⁽⁷²⁾ en 1995 concluye que no encuentra diferencias estadísticamente significativas entre la utilización de radiografía convencional y radiovisiografía para la determinación de la longitud de trabajo.

TIPOS DE RADIOLOGÍA DIGITAL

1. Radiología digital directa:

Emplea como receptor de rayos X un captador rígido habitualmente conectado a un cable a través del cual la información captada por el receptor es enviada al ordenador⁽⁵³⁾. Recibe este nombre porque no requiere ningún tipo de escaneado tras la exposición de rayos X, sino que el propio sistema realiza automáticamente el proceso informático y la obtención de la imagen^(73,77).

Los detectores basados en CCD (dispositivo de carga acoplada)^(67,70) incluyen elementos sensibles a la luz cuando son estimulados con rayos X, pudiendo generar carga eléctrica proporcional a la intensidad del haz de rayos X que les llega. Estos dispositivos tienen una rápida adquisición de la imagen, un procesamiento digital de la captura, una menor radiación y un eficaz archivo de imagen. Las desventajas es que son caros, grandes y el área activa es pequeña⁽⁷⁸⁾.

Los captadores digitales CMOS (dispositivo semiconductor complementario de óxido metálico) son idénticos a los CCD pero utilizan una nueva tecnología en píxeles^(74,67,70). Los captadores Super CMOS son una evolución de los CMOS y ofrecen una resolución superior⁽⁷⁹⁾.

2. Radiología digital indirecta (radiología con fósforo fotoestimulante o PSP)

La imagen es capturada de forma analógica en una placa de fósforo fotoestimulable y convertida en digital tras su procesado o escaneado⁽⁶⁷⁾.

Emplea placas de aspecto similar a las películas radiográficas convencionales pero compuestas por una emulsión cristalina de fluorohaluro de bario enriquecido con europio^(70,79,80).

Esta tecnología utiliza receptores reutilizables que capturan imágenes en una emulsión de almacenamiento de fósforo como una imagen latente inicialmente por la estimulación adecuada de la energía almacenada en la emulsión que es emitida y capturada como una carga. Incluyen un detector más delgado y es menos costoso. Sin embargo la simple exposición a luz blanca borra la imagen anterior⁽⁸¹⁾. Necesita un escáner para leer la imagen tomada que transmitirá al ordenador y la borrará para permitir la reutilización del receptor⁽⁸¹⁾.

Se ha demostrado que el sensor PSP presentó una calidad de diagnóstico similar a los captadores CCD/CMOS^(80, 82,83)

1.5. Localizadores electrónicos de ápice (LEA)

La longitud de trabajo (LT), es la distancia comprendida entre un punto de referencia coronario y otro situado en el ápice del diente. Su determinación clínica es complicada pero fundamental para el éxito del tratamiento de conductos ^(5,84). En dentición temporal, esta longitud es importante para minimizar el daño periapical y la posible afectación del germen permanente ^(85,86).

En 1930 Grove afirmó que el punto exacto hasta el cual debía llegar la obturación de los conductos radiculares se encontraba entre la unión de la dentina y el cemento, conocido como conducto dentina-cemento (CDC). Éste también afirmó que en este punto debería encontrarse la mayor cantidad de pulpa ⁽⁸⁴⁾.

A principios de la práctica del tratamiento de conductos esta longitud se determinaba manualmente, a través de la sensación táctil, técnica que requiere mucha experiencia y la cual es poco precisa en situaciones como ápices inmaduros o raíces con excesivas curvaturas. Esta técnica se usaba sin ningún tipo de prueba complementaria, lo que llevaba a muchos de estos tratamientos al fracaso ⁽²⁾.

Con el descubrimiento de los rayos X la determinación de esta longitud empezó a ser más fácil. Olson y cols demostraron que era posible localizar con exactitud el foramen apical por el 82% de los profesionales por medio de radiografías ⁽⁵⁷⁾. Sin embargo, tiene sus limitaciones, ya que solo vemos dos planos de una estructura que es tridimensional, además de las limitaciones anatómicas, perforaciones, reabsorciones ⁽⁸⁷⁾, y las distorsiones del conducto que provocan la proyección del foco respecto a la radiografía, principalmente en molares ⁽⁸⁸⁾.

Los localizadores electrónicos de ápice no son instrumentos de reciente descubrimiento, aunque su utilización se ha generalizado en los últimos tiempos. Es el método más fiable en la actualidad para detectar la longitud de trabajo. Se basan en la diferencia entre la carga eléctrica de los tejidos del ligamento periodontal y cualquier punto del interior del conducto ⁽⁸⁹⁾. Reducen el número de radiografías en un tratamiento, sin que por ello dejemos de utilizarlas.

1.5.1. Evolución histórica

El método electrónico para determinar la longitud radicular fue investigado por primera vez por Custer en 1918⁽⁹⁰⁻⁹²⁾ que afirmó que el sistema de conductos podía ser medido a través de una corriente eléctrica.

Suzuki en 1942⁽⁹³⁾ observó, en dientes de perro, que los valores de resistencia eléctrica eran muy similares en todos los tejidos blandos bucales, aunque los dos electrodos estuvieran situados a distancia, especulando que ésto mediría la longitud radicular⁽⁹⁴⁾.

Basándose en este principio, Sunada en 1962⁽⁹⁵⁾ diseñó un dispositivo para comparar la resistencia eléctrica entre un electrodo situado en la mucosa bucal y otro electrodo situado en la lima, dentro del conducto radicular. La resistencia eléctrica entre el ligamento periodontal y la mucosa bucal registraba un valor constante de aproximadamente 6,5 k (kilohmnios) sin tener en cuenta la edad del paciente, el tipo o el grosor del diente⁽⁹³⁾.

Se observó que la dentina actuaba como un aislante eléctrico, así cuando la punta de la lima alcanza los tejidos periapicales, que son conductores, se cierra el circuito eléctrico y el cuerpo del paciente actúa como conductor, con lo que la resistencia eléctrica disminuye de forma súbita y la corriente eléctrica empieza a fluir⁽⁴¹⁾. El dispositivo se gradúa para identificar el punto en el que la lima sale por el orificio apical, indicando la longitud de la raíz.

El uso de corriente eléctrica causaba inestabilidad en las medidas por la polarización de las limas que alteraban el resultado de los valores obtenidos siendo éstos mayores o menores a la longitud real de la raíz⁽⁸⁵⁾.

A partir de aquí han surgido multitud de tipos de localizadores electrónicos de ápice y han sido clasificados a lo largo del tiempo en función del principio en que se basan.

1.5.1.1. *Localizadores electrónicos de ápice de primera generación*

Los localizadores de primera generación medían la longitud radicular de acuerdo con los principios propuestos por Suzuki⁽⁹³⁾ y Sunada⁽⁹⁵⁾ de resistencia eléctrica entre el periodonto y la mucosa bucal.

El principal problema con esta generación de dispositivos era que ofrecían determinaciones erróneas cuando los conductos estaban llenos de solución irrigadora, sangre, restos pulpares o pus^(90,93-97), por lo que el conducto tenía que estar seco y prácticamente limpio⁽⁹⁷⁾, lo que significaba que debería estar instrumentado antes de poder utilizar el localizador. Esto hacía que dieran mediciones poco precisas y por todo ello su aplicación clínica se vio muy limitada⁽⁹⁶⁾. Otro inconveniente era que la fiabilidad de estos aparatos oscilaba entre el 55 y el 87%^(90,97).

En 1969 apareció Root Canal Meter® (Onuki Medical Co.,Tokyo Japan) que utilizaba corrientes muy altas, de 150Hz (hertzios), por lo que el paciente sentía dolor, lo cual hacía que no fuese muy recomendable su uso. La misma casa comercial llevó a cabo mejoras, surgiendo el Endodontic Meter®(Onuki Medical Co.,Tokyo Japan) y el Endodontic Meter S

II[®] (Onuki Medical Co., Tokyo Japan) ^(98,90), los cuales utilizaban corrientes de 5 A (nanoamperios) logrando disminuir el dolor que experimentaba el paciente.

Otros dispositivos que pertenecen a la primera generación de localizadores son: Dento-meter[®] (Dahlin Electromedicine, Copenhagen, Denmark), Endo Radar[®] (Electronica Liarre, Imola, Italy) ^(90,98) y Neo-Sono D[®] (Amadent) ⁽⁹¹⁾ (Figura 17).

Estos aparatos se podían considerar poco fiables cuando se comparaban con las radiografías, ya que muchas de las lecturas obtenidas con estos localizadores electrónicos de ápice resultaban más cortas o más largas con respecto a la longitud de trabajo real.



Figura 17: LEA de primera generación Neo sono D[®].

1.5.1.2. Localizadores electrónicos de segunda generación

Esta segunda generación de localizadores, se basó en el principio de la impedancia que se define como la oposición que ofrece un circuito a la corriente cuando se aplica una tensión eléctrica ^(88,90). Ésta es mayor en la zona final del conducto y se desploma de modo brusco cuando la lima alcanza el tejido periapical. Por lo que esta nueva generación de localizadores utilizaba las mediciones de impedancia en vez de las de resistencia ^(90,94).

La impedancia se ve comprometida por la resistencia y la capacitancia (impedancia ofrecida por un condensador al paso de una corriente eléctrica) y tiene una amplitud de trazo sinusoidal. Esta propiedad es utilizada para medir la distancia en diferentes condiciones del canal usando diferentes frecuencias ^(90, 98,99). La impedancia es máxima en la zona más estrecha del conducto; este punto es el llamado conducto dentina-cemento (CDC).

Por otro lado, en un circuito que cuente tanto con capacitadores como resistores, la oposición total que se ofrece al paso de la corriente alterna se llama impedancia. La ley de Ohm se aplica a este tipo de circuitos que describe la relación matemática entre voltaje, corriente y resistencia en un circuito⁽¹⁰⁰⁾.

El cambio de método de funcionamiento de los primeros localizadores a esta segunda generación, fue desarrollado por Inoue⁽¹⁰¹⁾ en 1971, que introdujo un nuevo dispositivo que se basaba en el principio de impedancia. Éste era el Sono Explorer® (Hayashi Dental Supply, Tokyo, Japan) (Figura 18) que resolvía el problema de baja especificidad y precisión del ohmniómetro⁽⁸⁸⁾. Se basaba en el calibrado en la bolsa periodontal de cada diente y se medía por la retroalimentación del circuito oscilador⁽⁹⁸⁾. Por lo que cuando se alcanzaba el ápice, el aparato lo indicaba mediante una alarma^(87,95). Posteriormente surgió el Sono Explorer II®, que con la ayuda de un metro indicaba la distancia al ápice^(90,98).

A principios de los años 80, el investigador Huang⁽⁹⁹⁾, observó que el funcionamiento de los primeros localizadores no se debía a las características biológicas de los tejidos orales, sino que era un fenómeno físico. Con esto quería decir que la resistencia era producida por las paredes del conducto, las cuales se iban estrechando y llegaban a un punto muy cercano al foramen apical, donde la resistencia era máxima y se desplomaba cuando atravesaba el foramen y se alcanzaba la zona periapical.

Unos años más tarde, apareció otro dispositivo basado en este método de impedancia y que utilizaba altas frecuencias (400 KHz): el Endocater® (Hygenic)^(5,84,94,98) introducido por Hasegawa y cols en 1986, que utilizaban sondas recubiertas de teflón, excepto en su extremo apical, para evitar el efecto negativo de los líquidos en el interior del conducto y obtener así mediciones más precisas incluso con el conducto lleno de líquido^(84,90,94,98). Estas sondas presentaban problemas ya que no entraban en conductos estrechos y al ser de goma se veían afectados por la esterilización en el autoclave⁽¹⁰²⁾. En un estudio realizado por Fouad y cols⁽¹⁰³⁾ en 1990 obtuvieron que la eficacia de estos localizadores estaba entre un 55 y 75%^(94,102).

Otro estudio realizado por Keller y cols⁽¹⁰⁴⁾ demostraron que el localizador Endocater® (Hygenic) presentaba una exactitud del 51,5% en la localización del CDC, en cambio Plotino y cols utilizaron radiografías para la localización del CDC obteniendo una exactitud del 80,2%⁽¹⁰⁵⁾, no coincidiendo con otros autores.

Otra investigación sobre este localizador fue realizada por Lee y cols que observaron como la lima se quedaba corta con respecto al foramen apical⁽¹⁰⁷⁾, no indicando de una forma precisa la localización exacta de CDC.

Ushiyama⁽¹⁰⁸⁾ realizó un estudio comparando los electrodos monopolares y los bipolares. En la mayoría de los elementos estudiados no encontró diferencias, pero cuando se utilizaban únicamente electrodos bipolares, los potenciales obtenidos eran mayores, que cuando los electrodos eran solamente monopolares.

Otros localizadores de esta generación fueron el Apex Finder® (Analytic technology, Redmond, WA) ^(98,102) y el Endo Analyzer® (Analytic/Endo, Orange, CA, USA) ⁽⁹⁸⁾, en los que se añadieron vitalómetros. Éstos se autocalibraban con un indicador visual, pero tenían variaciones en cuanto a la exactitud de la medición.

En 1990 Fouad y cols ⁽¹⁰³⁾ observaron que las mediciones de los localizadores daban longitudes más largas que en la radiografía, aunque no encontraron diferencias significativas entre los diferentes localizadores estudiados ⁽¹⁰²⁾. Crzew y cols ⁽¹⁰⁹⁾ en 1995 obtuvieron resultados similares.

Unos años después, una investigación realizada por De Moor y cols ⁽¹¹⁰⁾ comparaban el uso de los localizadores in vitro, concluyendo que había mayor precisión si se usaba el localizador en un modelo de gelatina sin azúcar mezclada con hipoclorito en vez de utilizar una esponja impregnada en este mismo líquido. En su estudio también observaron que el localizador Apex Finder® se veía muy influido por el manejo del operador.

Otro aparato comercializado durante este periodo de tiempo fue el localizador Exact-A-Pex® (Ellmann International, Hewlett, NY, USA) que usaba sonido y luces emitido por un diodo (LED) ⁽⁹⁸⁾. En un estudio realizado por Hülsmann y Pieper en 1989 observaron que éste daba mediciones cortas en dientes con ápice abierto ^(84,111).

Otro LEA de esta generación, fue el Formatron IV® (Parkell Dental, Farmingdale, NY, USA) que usaba corriente alterna y medía la impedancia para calcular la distancia de la punta de la lima al ápice. Los fabricantes mencionan que en presencia de hipoclorito o de otros irrigantes, el localizador puede que no funcione ⁽⁹⁸⁾.

Chunn y cols ^(84,112) observaron que el localizador Formatron IV® era impreciso en el 65% de los casos mientras que las radiografías lo eran en un 40% de éstos ⁽¹⁰⁶⁾. Otro estudio realizado por Himel ⁽¹¹³⁾ en 1993 indicó que en el 65% de las muestras este LEA mide correctamente con una tolerancia de $\pm 0,5$ mm y en un 83% de los casos mide con una tolerancia de 1mm. Por otra parte, Shanmuragajen ⁽¹¹⁴⁾ comparó la fiabilidad para localizar CDC, con este localizador, la sensación táctil y la radiografía, concluyendo que Formatron IV® era la técnica más precisa. En un estudio realizado por Crzew ⁽¹⁰⁹⁾ en 1995 afirmó que el LEA Digipex II® (Mada Equipment Co., Carlstadt, NJ, EE.UU.) que incorpora vitalómetro, era igual de fiable que Root ZX®.

El problema en estos localizadores era que las mediciones se veían alteradas por la presencia de electrolitos en el interior del conducto e incluso daban mediciones erróneas cuando el conducto estaba seco ^(90,97). Si se utilizaban en conductos húmedos la eficacia oscilaba entre un 67 al 93%. Aun así, se comercializaron bastantes localizadores de esta generación.



Figura 18: LEA de segunda generación Sono-Explorer®.

1.5.1.3. Localizadores electrónicos de tercera generación

Saito y Yamashita, en los años 90 ⁽⁸⁴⁾, presentaron un nuevo dispositivo que emitía una corriente eléctrica alterna con dos frecuencias. Este método mide simultáneamente los valores de impedancia de las dos frecuencias (8kHz y 400Hz), calculando su cociente. Los diferentes puntos del conducto tienen un cociente de impedancia diferente, dentro del conducto es mínima, en cambio, en la constricción apical es máxima. Este cociente es de aproximadamente 0,67 y cambia de forma súbita cuando se llega al tejido periapical.

Estas unidades tenían unos microprocesadores más potentes que permitían dar lecturas más precisas ^(90,98). Para que este sistema funcione, es necesaria la existencia de soluciones en el interior del conducto ^(87,90,94).

Uno de los localizadores de esta tercera generación es el Endex/Apit® (Osada Electric Co., Tokyo, Japan) que es capaz de medir la longitud radicular en presencia de electrolitos, aunque se tiene que calibrar para cada conducto. Poseía dos frecuencias de 1 y 5 kHz. Hay muchos estudios publicados en los que se dice que este localizador tiene una exactitud del 80% ^(85,87). Así, el realizado por Frank y cols ⁽¹¹⁵⁾ compara dicho localizador con las radiografías, concluyendo que es eficaz en el 89,64% de los conductos estudiados, permitiendo un error de $\pm 0,5$.

Otro localizador que se introdujo fue el Root Zx® (J. Morita, Tokyo, Japan) (Figura 19), éste se autocalibra ^(90,98) y fue desarrollado gracias al método ratio introducido por Kobayashy en 1991 ⁽¹¹⁶⁾ y que ha demostrado ser uno de los métodos más fiables para determinar la longitud de trabajo ⁽¹¹⁷⁾. Este método consiste en el principio de que dos corrientes eléctricas con diferentes frecuencias de onda que medían impedancias y podían ser medidas y comparadas como una proporción, sin tener en cuenta el tipo de electrolitos presentes en el conducto. La capacitancia del canal radicular se incrementa significativamente cerca de la

constricción apical y el cociente de impedancias se reduce rápidamente cuando la constricción apical es alcanzada ⁽¹¹⁷⁾. Este localizador electrónico de ápice ha sido exhaustivamente probado en muchas condiciones clínicas. Los resultados establecen su precisión en un 90% con un margen de error de $\pm 0,5$ mm del foramen apical o del CDC, dependiendo del punto de referencia usado. Muchos estudios recogen una efectividad del 100% si se acepta un rango de error de 1mm ^(85,118).

Shabahang y cols ⁽¹¹⁹⁾ en 1996 realizaron un estudio in vivo sobre Root Zx[®] observando que en un 65,4% de los casos localizaba el foramen apical, en un 3,8% se quedaba corto con respecto al foramen y en un 30,8% se sobreextendía, con lo que concluyeron que Root Zx[®] determinaba el foramen apical con una exactitud del 96,2%.

Plotino y cols ⁽¹⁰⁵⁾ en 2006 realizaron una investigación in vivo sobre este mismo dispositivo en el que observaron que Root Zx[®] media correctamente la longitud de trabajo en un 97,37% de los casos. En otro estudio realizado por Janolio de Camargo y cols ⁽¹²⁰⁾ unos años más tarde concluyeron que Root Zx[®] presentaba una precisión del 50% de los casos y si asumían un margen de error de $\pm 0,5$ mm la precisión se elevaba al 97,5% coincidiendo con el autor anterior.

Según otros autores la eficacia de Root Zx[®] se encuentra entre un 82% ⁽¹¹⁸⁾ y el 100% ⁽¹⁰⁹⁾ si se asume un error de $\pm 0,5$ mm.

Durante esta generación fueron apareciendo versiones modificadas de Root Zx[®], como Denatport Zx[®] (J. Morita, Tokyo, Japan), Root Zx II[®] (J. Morita, Tokyo, Japan), TriAuto Zx[®] (J. Morita, Tokyo, Japan), y Root Zx Mini[®] (J. Morita, Tokyo, Japan).

TriAuto ZX[®] es el resultado de combinar el Root Zx[®] con una pieza de mano, con la finalidad de medir el canal mientras se utilizaban limas rotatorias ^(87,90,98). Presenta una precisión del 95%, similar al Root Zx[®], ^(87,121-123). Erdermir y cols ⁽¹²²⁾ evaluaron en 2007 la precisión de este dispositivo en función de distintas soluciones irrigadores utilizadas, no hallando diferencias significativas con el LEA Root Zx[®].

Özgür y cols ⁽¹²⁴⁾ compararon Tri Auto Zx[®] y TCM Endo V[®] (Nouvang, Goldach, Suiza), que incorporaban motores eléctricos no hallando diferencias significativas entre ellos. Su fiabilidad fue también verificada por los autores Töpuz y cols ⁽¹²⁵⁾.

El localizador electrónico de ápices Root Zx[®] ha sido ampliamente probado in vivo e in vitro y se ha convertido en el estándar de oro para que se comparen los nuevos dispositivos. Este modelo clásico de excelente funcionamiento ya no se fabrica, la casa comercial Morita apuesta ahora por una versión reducida, el Root Zx Mini[®], del que actualmente hay pocos estudios que lo avalen.

Durante esta tercera generación salieron al mercado múltiples localizadores electrónicos de ápices. El Apex Finder AFA[®] (all fluid allowed) con cinco frecuencias y que puede leer

cuatro ratios de amplitud (EIE Analytic Endodontics), que se autocalibra y puede dar mediciones en presencia de electrolitos en el interior del conducto radicular ⁽⁸⁷⁾. El Neosono ultima EZ[®] (Satelec Inc., Mount Laurel, NJ, USA) también conocido como DatApex[®] (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) fue el sucesor del localizador Sono Explorer[®].

Venturi y Breschi ⁽¹²⁶⁾ evaluaron la fiabilidad de dos localizadores apicales, Root Zx[®] y Apex Finder[®] con soluciones irrigantes y sin ellas, en conductos con forámenes de distintos calibres de dientes extraídos. Concluyeron que en las diversas situaciones y con los diferentes calibres apicales, ambos LEAs se comportaban por igual.

También aparecieron otros dispositivos como el Justy[®] y el Justy II[®] (YoshidaCo., Tokyo, Japan), el Mark V Plus[®] (Moyco/Union Broach, Bethpage, NY, USA), el Endy 5000[®] (Loser, Leverkusen, Germany).

Un estudio realizado por Steffen y cols ⁽¹²⁷⁾ comparaban las medidas obtenidas de la longitud de trabajo con diferentes sistemas de limas, y no encontraron diferencias significativas entre las que se obtenían con los localizadores electrónicos de ápices Root Zx[®] y Justy[®].

Un nuevo dispositivo llamado Endo Analyzer Model 8005[®] (Analytic, Sybron Dental, Orange, CA) combina el localizador electrónico AFA[®] y un pulpómetro ^(5,106). Medía el valor del ángulo fase de la impedancia en el canal con cinco frecuencias (0,5, 1, 2,4 y 8 kHz). El test ángulo fase determina los cambios de impedancia, cuando pasa de la primera impedancia reactiva a la resistiva y este cambio indica la localización del CDC ⁽¹¹⁷⁾. Un segundo test compara las amplitudes que son alcanzadas, las cuales indican cuando las condiciones de medición del canal son óptimas. Gracias a un microprocesador se puede comparar los ángulos de fase y las amplitudes de los valores de impedancia, utilizando la técnica Fast-Fourier Transform. Esto nos va a proporcionar una mayor exactitud ⁽¹¹⁷⁾.

En un estudio realizado por Welk y cols en 2003 ⁽⁹⁸⁾ en el que comparaba la localización del CDC con el LEA Root Zx[®] y el LEA Endo Analyzer Model 8005[®] obtuvieron que con el Root Zx[®] se alcanzaba el conducto dentina-cemento (CDC) en el 90,7% de los casos, mientras que con el Endo Analyzer Model 8005[®] solo se alcanzaba en el 34,4% ⁽⁹⁸⁾.

Hoer y Attin ⁽¹¹⁷⁾ obtuvieron que la probabilidad de determinar el área entre el CDC y el foramen apical era de un 82,4% para el Justy II[®] y un 81% para el Endy 5000[®]. Aunque, la precisión para determinar la constricción apical era solo de un 51% para Justy II[®] y de un 64,3% para Endy 5000[®], por lo que concluyeron que estos localizadores no son precisos para la determinación de la constricción apical ⁽¹¹⁹⁾.

Esta tercera generación de LEAs presenta ventajas en la localización del CDC, ya que se puede utilizar cualquier tipo de lima, las mediciones se efectúan en conductos húmedos y son altamente fiables, independientemente al electrolito que se encuentre en el interior del conducto ^(128,129). No hace falta eliminar el contenido de los conductos por lo que permite su utilización desde el comienzo de la instrumentación nada más permeabilizar el conducto y

su eficacia se encuentra entre 85 y el 93% ⁽¹³⁰⁾, pudiendo reducir el número de radiografías que hay que realizar al paciente para la localización exacta del CDC ^(128,131).

Los errores en la precisión de los localizadores aumentan al incrementarse la discrepancia entre el calibre del foramen apical y el de la lima empleada ^(123,132).



Figura 19: LEA de tercera generación Root Zx®.

1.5.1.4. Localizadores electrónicos de cuarta generación

Años más tarde se presentó un dispositivo de cuarta generación, basado también en el principio del valor relativo. Emplea una corriente eléctrica de dos frecuencias separadas de 400Hz y 8kHz producidas por un generador de frecuencia variable. Solo utiliza una a la vez de forma alternante, por lo que no precisan filtros para separar dichas frecuencias, incrementando la exactitud de la medida ^(5,85,106).

Unos de los LEAS de esta generación es el Bingo 1020® (Forum Engineering Technologies, Rishon Lezion, Israel), que también se comercializa con el nombre de Ray-Pex 4® (Dentysply). Un estudio sobre este localizador electrónico de ápices fue el realizado por Kaufman y cols ⁽¹⁰²⁾ en 2002, que obtuvieron que Bingo 1020® era igual de preciso que Root Zx®.

Más tarde desarrollaron Raypex 5® (VDW, Munich, Germany) y Raypex 6® (VDW, Munich, Germany). Diversos son los autores ^(133,134) que han realizado investigaciones acerca del LEA Raypex 5®, obtuvieron resultados similares cuando la LT se determinaba mediante este dispositivo electrónico o mediante la técnica radiográfica. Por otra parte, el estudio de Kristhan y cols ⁽¹³⁵⁾ obtuvieron una mayor fiabilidad para este LEA (92%) que para la técnica radiográfica (72%) cuando asumían un margen de error de $\pm 0,5\text{mm}$. Unos años antes, Brasiñero- Marroquin y cols ⁽¹³⁶⁾ habían determinado una eficacia para este LEA entre el 80 y el 87,5% también asumiendo un error de $\pm 0,5\text{mm}$.

Wrbas y cols ⁽¹³⁷⁾ en 2007 realizaron un estudio en el que comparaban el localizador Root Zx® y Raypex 5®, no encontrando diferencias significativas entre las mediciones obtenidas. Otras investigaciones como la de Kurstaci y cols ⁽¹³⁸⁾ y Pascon y cols ⁽¹³⁹⁾, que compararon también varios LEAs, el Root Zx®, el Dentaport Root Zx® y el Raypex 5®, concluyeron que los localizadores electrónicos de ápice estudiados presentaban una determinación de la longitud de trabajo aceptable si se asumía un margen de error de $\pm 0.5\text{mm}$.

Cuando el LEA Raypex 5® se utiliza en presencia de diversos irrigantes los estudios demuestran que presenta la misma fiabilidad independientemente al uso del agente irrigante empleado ⁽¹⁴⁰⁻¹⁴²⁾.

Moscoso y cols ⁽¹⁴³⁾ en 2014, realizaron un estudio in vivo en el que no encontraban diferencias significativas cuando realizaban mediciones de la longitud radicular con Dentaport Zx® y Raypex 6®. En este mismo año, Lucena y cols ⁽¹⁴⁴⁾ realizaron un estudio con este dispositivo, comparándolo con la obtención de la longitud de trabajo real con CBCT (cone-beam computered tomography) concluyendo que era mejor método para la localización del foramen apical el LEA Raypex 6, bajo las condiciones experimentales que proponen en su estudio ⁽¹⁴⁴⁾. Un año más tarde, Aydin y cols ⁽¹⁴⁵⁾ realizaron un estudio in vitro en el que comparaban Root Zx® y Raypex 6®, no obteniendo resultados significativamente diferentes para la localización del CDC.

Otros localizadores de esta generación muy comercializados son el Propex®, Propex II® (Dentsply/Maillefer) y el Apex Pointer® (Micro-Mega). Un estudio realizado por Valencia y cols no encontraron resultados estadísticamente significativos entre la determinación de la constricción apical de Root Zx® y Propex® ⁽¹⁰⁶⁾.

Vasconcelos y cols realizaron dos estudios uno en 2013 ⁽¹⁴⁶⁾ y otro en 2014 ⁽¹⁴⁷⁾. En el primero estudiaba el comportamiento de Root Zx®, Ipex®, Mini Apex Locator®, Propex II® y Romi Apex A-15® encontrando diferencias significativas para las mediciones con Propex II®, Ipex® y Romi Apex A-15® ⁽¹⁴⁶⁾. En el otro estudio realizó únicamente el localizador Root Zx® y Propex II® concluyendo que Root Zx® era fiable al 75% y Propex II® al 66,7% ⁽¹⁴⁷⁾. Según la bibliografía consultada estos LEAs no se ven afectados por las diferentes soluciones irrigantes ^(140,141).

Otro localizador comercializado fue el Element Diagnostic Unit and Apex Locator®, (SybronEndo, Anaheim, CA, USA). Es un dispositivo que no procesa la impedancia como un logaritmo matemático, sino que coge las medidas de resistencia y de capacitancia y las compara entre ellas para determinar la distancia del ápice ^(87,130). Este LEA presenta una fiabilidad de entre el 85,6% y el 94,2% asumiendo un margen de error de $\pm 0,5\text{mm}$ ^(105,136).

Por su parte Bernardes y cols ⁽¹⁴⁸⁾, Tselnik y cols ⁽¹⁴⁹⁾ y Plotino y cols ⁽¹⁰⁵⁾ evaluaron la precisión de Root Zx®, Element Diagnostic Unit and Apex Locator® y RomiAPEX D-30® (Romi-dan, Kiryat-Ono, Israel), y Propex® los resultados revelaron una precisión muy alta para los tres LEAs, sin encontrar diferencias significativas entre ellos ⁽¹⁴⁸⁾. Akisue y cols ⁽⁹⁴⁾ no halla-

ron diferencias significativas en cuanto a la fiabilidad del Element Diagnostic Unit and Apex Locator® entre dientes vitales y necróticos, este autor encontró entre mediciones con este LEA y las determinaciones radiográficas que presentaban una concordancia del 84,8% ^(94,123).

En esta generación encontramos muchos localizadores electrónicos de ápice y diversos estudios sobre ellos, como el de Guise y cols ⁽¹⁵⁰⁾ que comparaban Elements Apex® Locator, Precision®, Apex Locator® y Root Zx II® y aunque no hubiese diferencias estadísticamente significativas entre ellos, comprobaron que el más fiable fue Root Zx II® determinando la longitud de trabajo exacta en un 97,5%. Otro estudio fue el de Stöber ⁽¹⁵¹⁾ que obtiene una fiabilidad del 75% para Raypex 5® si asume un error de $\pm 0,5\text{mm}$ y un 77,8% para Mini Apex Locator®. Si el error que asume es de $\pm 1\text{mm}$ la fiabilidad es del 100% para ambos dispositivos.

Una investigación en la que se comparaban Dentaport Zx®, Root Zx Mini®, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator® y Raypex 5® concluyó que los que mejor determinaban la LT eran Dentaport Zx® y Root Zx Mini® ⁽¹²⁸⁾. En este mismo año Ding y cols ⁽¹⁵²⁾ por su parte realizaron una investigación similar, pero sin utilizar el localizador Root Zx Mini®, obtienen que el LEA que mejor localiza el foramen apical era Root Zx®.

Por su parte Marroquin y cols ⁽¹⁵³⁾ realizaron un estudio con diversos localizadores de ápice para detectar perforaciones obteniendo que Raypex 6® y Apex NRG® localizaban todas las perforaciones y Propex II®, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator® y Raypex 5® un 95% de ellas ⁽¹⁵³⁾. D´Asuunção ⁽¹⁵⁴⁾ en su estudio sobre perforaciones concluye que todos los localizadores estudiados también detectan fiablemente las perforaciones.

Investigaciones recientes sobre varios localizadores de ápice fue el realizado por Altumbas y cols ⁽¹⁵⁵⁾ en 2015, en el que comparaban Root Zx®, SiroEndo Pockety® y Rotor®, concluyeron que Root Zx® presentaba una fiabilidad del 100%, mientras que para SiroEndo® fue del 73,3% y del 86,7% para Rotor®.



Figura 20: LEA de cuarta generación Propex Pixi II®.

1.5.2. Claves para el uso del localizador electrónico de ápice

La mayoría de los localizadores de última generación no se ven muy afectados por la presencia de irrigantes dentro del canal radicular ^(129,140,142,156). Pero fenómenos biológicos como la inflamación pueden tener efectos sobre la precisión del localizador ⁽¹⁵⁶⁾. El tejido vital intacto, el exudado inflamatorio y la sangre pueden conducir la corriente eléctrica y causar lecturas imprecisas, por lo que su presencia debe ser minimizada para conseguir lecturas aceptables ⁽⁹⁷⁾. Otros conductores que pueden causar un cortocircuito son las restauraciones metálicas, las caries, la saliva y los instrumentos en un segundo conducto, por lo que nunca deberemos medir la longitud de los conductos con varias limas a la vez en un diente. También obtendremos una mala lectura de estos dispositivos si al realizar un retratamiento quedase gutapercha dentro del conducto. Se debe tener especial cuidado si llegase a existir algunas de las variables mencionadas ⁽¹⁵⁷⁾. La forma del conducto radicular también va a influir para la obtención de mediciones correctas. Así la acumulación de restos de dentina y calcificaciones pueden afectar a la precisión de la determinación de la longitud de trabajo con el localizador electrónico de ápices ^(158,159).

Por lo tanto, para efectuar un buen uso del localizador electrónico de ápice y así conseguir una medición correcta el diente debe encontrarse bien aislado mediante el dique de goma y la reconstrucción de éste en la zona de la caries con material aislante para que no penetre la saliva a la cámara pulpar. Antes de la utilización del LEA la pulpa debe ser eliminada y el conducto que vamos a medir permeable. Una vez tengamos el diente preparado y

nos dispongamos a realizar la medición, la cámara pulpar debe encontrarse seca y el conducto húmedo.

Durante la medición del conducto también pueden presentarse problemas si el conducto es demasiado largo ⁽¹⁶⁰⁾, muy ancho ^(129,132,161) o si el diente presenta el ápice sin acabar de formar. La presencia de fracturas radiculares hará que el LEA no sea fiable ya que se produce una comunicación de la lima con el periodonto. Esto en cierta manera nos resulta útil ya que podemos diagnosticar a parte de estas fracturas radiculares, perforaciones a nivel de la raíz y reabsorciones a lo largo del conducto radicular.

Una sospecha de perforación puede ser confirmada mediante el uso del localizador de ápices, ya que ésta hace que el instrumento complete el circuito y que el localizador indique que el instrumento se encuentre en el ápice o CDC ^(140,153). Cualquier conexión entre el conducto radicular y la membrana periodontal como fracturas, fisuras y reabsorciones tanto internas como externas serán reconocidas por el LEA, ya que sirve como un excelente instrumento diagnóstico en estas circunstancias ⁽¹⁶²⁾.

Finalmente, los fabricantes de los localizadores de ápice contraindican su uso en pacientes que porten marcapasos ⁽¹⁵⁹⁾. Actualmente se han realizado diferentes estudios como el de Garofalo y cols ⁽¹⁶³⁾ en el que concluyen que localizadores como Root Zx[®], Justwo (Toei Electric Co, Kanagawa, Japan), EIE (Analytic Endodontics, Orange, CA, U.S.A) Neosono[®] no interfieren con la función eléctrica de los marcapasos de última generación, no siendo así para Bingo 1020 ⁽¹⁶³⁾. Otro autor ⁽¹⁶⁴⁾ estudia los localizadores Root Zx[®], Propex[®] y Mini Apex Locator[®] concluyendo que ninguno de ellos interfiere con el funcionamiento de los marcapasos ⁽¹⁶⁴⁾.

1.5.3. Técnica para el uso del localizador electrónico de ápice

Tras realizar el aislamiento absoluto mediante dique de goma a la pieza a tratar se deben seguir las normas que a continuación enumeramos para una correcta técnica del uso del LEA:

En primer lugar se pone el clip labial que se encuentra conectado al LEA en la comisura labial del paciente. Tras este paso se enciende el LEA. Esta secuencia se realiza así para que haya sincronización del LEA con el paciente a tratar y no se presenten errores en la medición por interferencias.

Antes de introducir la lima dentro del conducto, ésta se precurva con ayuda del flexobend para poder seguir las curvaturas que pueda presentar el conducto y no realizar falsas vías o transportes apicales.

Una vez tengamos todo lo anterior preparado, nos disponemos a permeabilizar la constricción apical con limas de bajo diámetro, éstas son las del 06, 08 y 010, usándolas dependiendo de la estrechez del conducto y de la curvatura que éste presente. Una vez que la lima se introduce en el conducto se engancha a la pinza que va al LEA para así empezar a indicarnos la longitud de trabajo de la pieza en la que estamos realizando el tratamiento de conductos.

Para que la medición de la longitud de trabajo sea correcta siempre se debe salir del foramen apical con la lima del diámetro 06, 08 o 010 como hemos indicado con anterioridad y luego hay que retroceder para quedarse en la constricción apical (CDC).

Una vez el LEA indica que te encuentras en CDC debemos ajustar el tope de goma en el vástago de la lima para definir la referencia en la que queramos empezar a medir el conducto y así obtener nuestra longitud de trabajo. Esta referencia se encontrará en la corona del diente que estemos realizando el tratamiento radicular y debe ser siempre la misma cuando midamos el mismo conducto varias veces para que no haya cambios en la medición.

Una vez realizados los pasos anteriores se saca la lima del conducto radicular y se mide desde el tope de goma hasta el final de la lima con una regla milimetrada obteniendo así nuestra longitud de trabajo para poder instrumentar nuestro conducto radicular.

Justificación

2. Justificación

La conservación de la integridad de la dentición temporal hasta la exfoliación fisiológica de la misma es fundamental para el odontopediatra, ya que una pérdida prematura de dientes temporales puede tener un efecto perjudicial sobre el posterior desarrollo de la dentición permanente y del aparato masticatorio en su totalidad.

La preservación de todas las piezas dentarias temporales es de suma importancia para garantizar el desarrollo del lenguaje, la función masticatoria, el buen posicionamiento de la dentición permanente y una estética adecuada que permita un buen desarrollo psicológico del niño.

La anatomía de la dentición temporal hace de los tratamientos pulpares unos procesos complicados. Los conductos de estos dientes temporales son muy variables, en cierta medida por la formación de dentina secundaria y por la reconfiguración del sistema de conductos producida por su reabsorción fisiológica. La forma, dimensión y posición del foramen apical en esta dentición están comúnmente alteradas. Por lo cual, una localización exacta del ápice resulta difícil de determinar. Para minimizar el daño periapical y la posible afectación del germen permanente, la longitud de la raíz debe ser cuidadosamente determinada sin exceder el ápice.

La aparición de los localizadores electrónicos de ápice supuso un avance para la determinación de la longitud radicular. Hoy en día, su eficacia en dentición permanente está demostrada y es un proceso totalmente aceptado, pero hay escasos estudios que apoyen su uso en dentición temporal. Actualmente el uso del localizador electrónico de ápice se considera un procedimiento seguro e indoloro y va a presentar ventajas frente a la radiografía convencional, como la disminución a la exposición de la radiación, el acortamiento del tiempo de tratamiento.

Por este motivo se decidió realizar esta investigación, en la que se analizan diversos localizadores electrónicos de ápice comparándolos con la radiografía convencional y con una visión macroscópica del ápice radicular del diente temporal extraído y poder comprobar así la eficacia de los localizadores de ápice en dentición decidua.

Hipótesis y Objetivos

3. Hipótesis y objetivos

Hipótesis alternativa (H_1): Los LEAs miden correctamente la longitud del conducto radicular en dentición temporal.

Hipótesis nula (H_0): Los LEAs no miden correctamente la longitud del conducto radicular en dentición temporal.

OBJETIVO GENERAL

1.- Analizar si los localizadores electrónicos de ápice son eficaces en la localización de la longitud de trabajo del conducto radicular de los dientes temporales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.- Evaluar las diferencias entre la longitud de la raíz del diente temporal medida mediante método radiográfico y mediante visión directa con magnificación.

3.- Estudiar las diferencias entre la longitud de la raíz del diente temporal medida mediante método radiográfico y con tres tipos de localizadores electrónicos de ápices: Root Zx®, Root Zx Mini® y Propex Pixi®.

4.- Conocer la diferencia entre la longitud de la raíz del diente temporal medida mediante visión directa con magnificación y con los tres localizadores electrónicos de ápice: Root Zx®, Root Zx Mini® y Propex Pixi®.

5.- Identificar si existen diferencias en las mediciones de la longitud de la raíz del diente temporal entre los diferentes localizadores estudiados: Root Zx®, Root Zx Mini® y Propex Pixi.

6.- Determinar si existen diferencias entre los tres localizadores electrónicos de ápice en la medición de las raíces de la dentición temporal con reabsorción radicular.

Material y método

4. Material y método

ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO

Se realizó una revisión bibliográfica en la literatura en referencia a la utilización de localizadores de ápice en dentición temporal. Los temas de búsqueda incluyeron palabras como “localizador de ápice”, “longitud raíces temporales”, “morfología radicular temporal”, “pulpotomía”, “radiografía convencional en dentición temporal”, “radiografía digital”, “reabsorción radicular en dentición temporal”.

Se buscaron estudios en relación a localizadores de ápice y reabsorción radicular en dentición decidua a través de Pubmed y en una búsqueda manual posterior a través de Google académico y catálogo cisne de UCM. Así mismo se utilizó bibliografía cruzada de los diferentes artículos encontrados.

MUESTRA

La muestra de nuestro estudio está constituida por 135 raíces (Imagen 1 y 2) de dientes deciduos con 2/3 de la raíz formada. Los dientes fueron recogidos en diferentes clínicas dentales de la Comunidad de Madrid. Se desconoce la edad, el sexo y la raza de los pacientes.



Imagen 1: Muestras de un canino superior temporal.



Imagen 2: Muestra de un molar inferior temporal.

A nivel coronal, a pesar de las caries presentes (Imagen 3) y de las restauraciones existentes (Imagen 4), podíamos apreciar rasgos distintos en sus cuatro facetas para su posterior identificación y diferenciación entre los primeros y segundos molares maxilares y mandibulares.



Imagen 3: Muestra de un molar temporal con caries.



Imagen 4: Muestra de un molar temporal con una restauración.

Los dientes extraídos se limpiaron con una gasa y suero fisiológico, y se guardaron en un recipiente cerrado con suero fisiológico.

Las piezas deciduas se extrajeron por diversos motivos:

- Ante la negación de los padres a realizar un tratamiento pulpar en dentición temporal con patología.
- En molares, cuando una de las raíces se encontrara totalmente reabsorbida.
- Ante la imposibilidad de realizar una correcta restauración coronal.

2.1.-CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Nuestros criterios de inclusión fueron:

- Dientes temporales extraídos con al menos 2/3 de la raíz formada.
- Dientes que una vez extraídos hubieran estado conservados en suero fisiológico.

2.2.-CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Nuestros criterios de exclusión fueron:

- Dientes temporales extraídos con menos de 2/3 de la raíz formada.

-
- Dientes conservados en seco o en un medio que no fuese suero fisiológico.
 - Dientes con tratamiento pulpar realizado previamente.

3.- MATERIALES UTILIZADOS

Para acceder a la cámara pulpar de los diferentes dientes se utilizó la fresa redonda de diamante para turbina 801-014 (Imagen 5) y la fresa Endo-Z E0152-021 de cámara pulpar con punta inactiva Denstply Maillefer® (Imagen 6).



Imagen 5: Fresa redonda de diamante.



Imagen 6: Fresa Endo Z.

Para posicionar la muestra utilizamos una caja rectangular de plástico, cuyas dimensiones fueron 8 cm de largo, 4 cm de alto y 4 cm de ancho. Dentro de ésta, y solamente utilizando la mitad del recipiente, realizamos un reservorio con silicona pesada, de la marca ONE TIME perfect putty®, para colocar la placa radiográfica siempre en la misma posición. La otra mitad se utilizó para embeber las piezas dentales deciduas en alginato de la casa Proclinic®.

Para realizar las mediciones se utilizaron tres localizadores de ápice diferentes:

- **Root Zx®:** J. Morita Corporation (Imagen 7).

Este LEA con funcionamiento a pilas, presenta las siguientes características técnicas: Tensión nominal de 7,5V CC, corriente nominal de 0,04 mA, unas dimensiones de 100x100x80 mm y un peso aproximado de 450 gr.

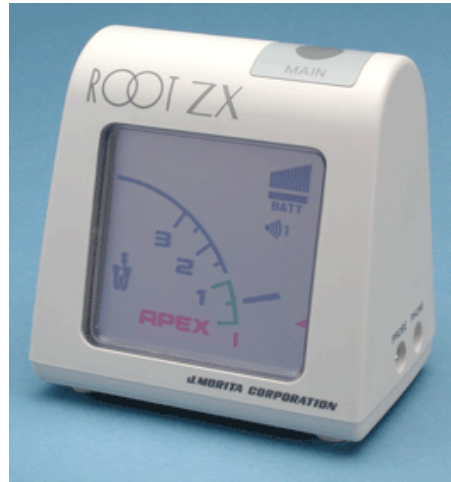


Imagen 7: Root Zx®.

- **Root Zx Mini®:** Modelo RCM-7. J. Morita USA (Imagen 8).

Presenta una potencia de 4,5 V, un consumo de 0,2 W. El tamaño es de 60 mm × 103 mm × 57 mm y pesa aproximadamente 110 gr.

Este LEA presenta autocalibración, elimina el efecto producido por los cambios de temperatura, humedad, presencia o ausencia de sangre y otras secreciones del interior del conducto.

La pantalla a color de cristal líquido permite una fácil lectura, proporcionando una pantalla clara y con elevado contraste. No necesita ser ajustado a cero antes de la medición de cada conducto. Para lograr exactitud de medición utiliza la técnica del ratio, indicando la localización de la lima con una alta eficacia.

La posición de las barras intermitentes y de la barra de memoria pueden ser utilizadas como guías para la medición del conducto y para su conformación. La barra intermitente es el punto de referencia para la medición de la longitud del conducto radicular.

Otra herramienta que encontramos es la barra de memoria que puede ser utilizada para marcar el inicio de una curva cerrada o algún punto concreto desde el ápice. Puede ser utilizado también como guía cuando cambiamos de lima para conformar el conducto. La barra de memoria puede ser situada también únicamente para establecer la medición de la longitud del conducto radicular.

Finalmente hay una pantalla de información en que se encuentra el número de barras que faltan antes de alcanzar la barra intermitente (durante la medición), que nos va indicando que alcanzamos la longitud de trabajo de la raíz del diente, sin darnos la medición del conducto radicular.



Imagen 8: Root Zx Mini®.

- **PropexPixi®:** Denstply Maillefer (Imagen 9).

El suministro que utiliza este localizador electrónico de ápice es con pilas AAA 1.2V 1000mAh NiMH recargables y un cargador externo con una potencia de entrada 100-240 V AC ~50-60 Hz; la potencia de salida es de 6V DC \pm 5%, 1000 mA.

Presenta unas dimensiones de 66 x 55 x 18 mm y un peso de 55 gr.

El tipo de pantalla es un LED de color.



Imagen 9: Propex Pixi®.

Tras realizar las mediciones de cada una de las muestras con cada localizador electrónico de ápice, se compararon con las mediciones realizadas mediante la técnica radiográfica. Las radiografías se realizaron mediante el sistema de radiovisiografía Sopix 2 ACE de la casa Satelec.

Este sistema presenta un sensor USB que se conecta a un ordenador, en el monitor del cual posteriormente veremos la imagen radiográfica.

Este sensor tiene unas dimensiones externas de 38,9 x 24,9 x 5,3 mm. Las dimensiones de superficie activa es de 20 x 30 mm (600 mm²). El tamaño en píxeles es de 1,5 millones (1 000 x 1 500). La longitud del cable es de 70 cm. El sistema Sopix presenta una tecnología CMOS + fibra óptica + centelleador (GADOX para SOPIX) (Imagen 10).



Imagen 10: Sensor Sopix.

El equipo de radiología intraoral utilizado en el método de estudio fue KODAK 2200. Intraoral X-ray system. KODAK-TROPHY 77437 Croiss y Beanbourg- France. Manufacture for Eastman Kodak Company. 5 A/230-240 V. Date of MFG: 2006/2005 (Imagen 11).



Imagen 11: Equipo radiográfico. KODAK-TROPHY®

Dentro del conducto radicular, para poder realizar todas las mediciones, introduciremos una lima manual tipo K del número 0,10 de 21 mm de longitud (Imagen 12).

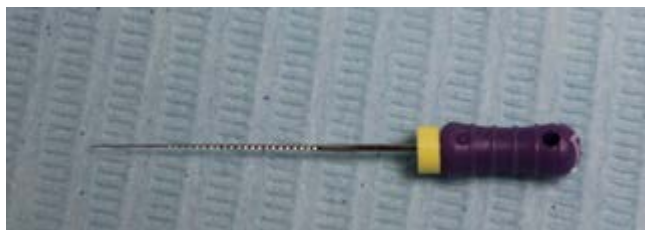


Imagen 12: Lima K n° 10, de 21mm.

Las mediciones se realizaron con la regla milimetrada de endodoncia Flexobend® (Imagen 13).



Imagen 13: Flexobend®.

OBTENCIÓN DE LOS DATOS

El estudio de campo se realizó por un observador que realizó cada medición una sola vez. Los datos, según se fueron obteniendo, se apuntaban en una tabla excel.

En primer lugar, y una vez extraídos los dientes se limpiaban con una gasa y suero fisiológico, seguidamente se introducían en un recipiente hermético con suero fisiológico (Imagen 13).



Imagen 14: Dientes temporales en suero fisiológico.

Una vez recopilamos los dientes temporales, se disponían en un sistema de clasificación hermético, indicando el número de muestra que iba a ser cada uno (Imagen 15).



Imagen 15: Sistema para clasificar los dientes temporales.

Comenzamos por realizar la apertura de la cámara pulpar de la primera muestra con una fresa redonda de diamante a alta velocidad y con irrigación. Una vez llegábamos a la cámara pulpar utilizábamos la fresa Endo Z® a alta velocidad y con irrigación, para no realizar una falsa vía en dicha cámara.

Seguidamente preparamos el alginato, lo colocamos en nuestro recipiente y embebimos la muestra y el clip labial del localizador de ápice en él. Una vez el alginato fraguó procedimos a obtener nuestra primera medición sobre una de las raíces de la muestra con el localizador Root Zx®.

En primer lugar, marcábamos con un rotulador indeleble nuestra referencia coronal para poder posicionar el tope de goma siempre en el mismo punto de la corona de la pieza dental. Así siempre sabíamos desde donde debíamos medir la longitud de trabajo (Imagen 16).

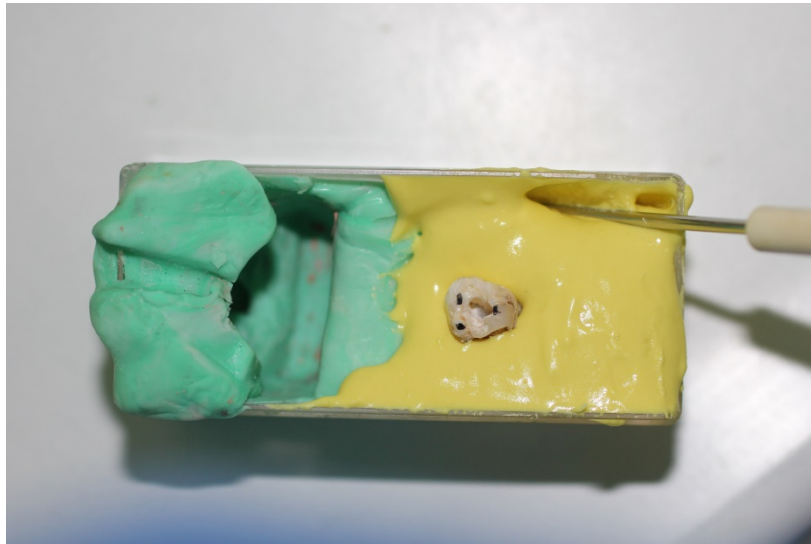


Imagen 16: Referencias coronales marcadas con rotulador indeleble.

Seguidamente, nos disponíamos a medir nuestra raíz. Para ello el localizador electrónico de ápice se encontraba primeramente apagado. Se encendía una vez la lima tipo K del número 10 se encontraba en el interior del conducto radicular de cada raíz (Imagen 17). Se llegaba a la LT que nos marcaba el LEA y medíamos la longitud radicular obtenida con la regla milimetrada. Tras esta acción, se apuntaba el valor obtenido en nuestra tabla excel.



Imagen 17: Lima K del nº 10 introducida en conducto radicular con referencia coronal marcada.

Seguidamente quitábamos el alginato de nuestro recipiente y guardábamos la muestra. Cogíamos la segunda muestra y realizábamos la misma acción, así hasta terminar con todas nuestras muestras.

Una vez hemos terminado las mediciones con el localizador de ápices Root Zx®, lo realizábamos con el localizador Root Zx Mini® (Imagen 18) y después con el localizador Propex Pixi® (Imagen 19).

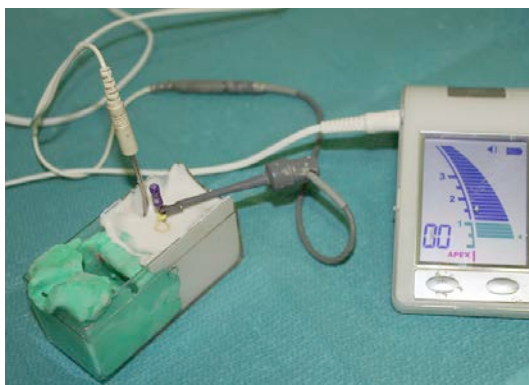


Imagen 18: Medición de la LT con LEA Root Zx Mini®.

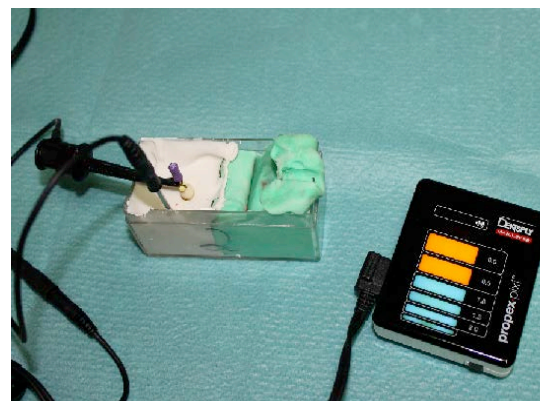


Imagen 19: Medición de la LT con LEA Propex Pixi®.

Tras obtener todas mediciones con los diferentes LEAs, lo hicimos radiográficamente. Se colocó el foco de rayos en posición paralela a la muestra y a la película radiográfica. Para ello estandarizamos las mediciones colocando el foco sobre una plataforma sobre la cual también se colocaba nuestra caja. La placa radiológica y el foco siempre se encontraban a 15 cm de distancia, la muestra a 2 cm de la placa y a 13 cm del foco (Imagen 20).



Imagen 20: Sistema para estandarizar la realización de las rx.

Finalmente obtuvimos las mediciones macroscópicamente con unas gafas de magnificación de la casa Akura de X2 aumentos (Imagen 21). Los cristales de la gafa no presentan graduación y la montura era de titanio. Las lentes de la lupa fueron Leica aprochromatica y presentaba un sistema telescópico Examvision X2.



Imagen 21: Gafas de Magnificación X2.

Se introducía pasivamente la lima tipo K del número 10 en el interior del conducto y se observaba con las gafas de magnificación el punto en que la lima alcanzaba el ápice radicular, se medía con la regla milimetrada y ese valor se apuntaba en la tabla excel (Imagen 22 y 23).

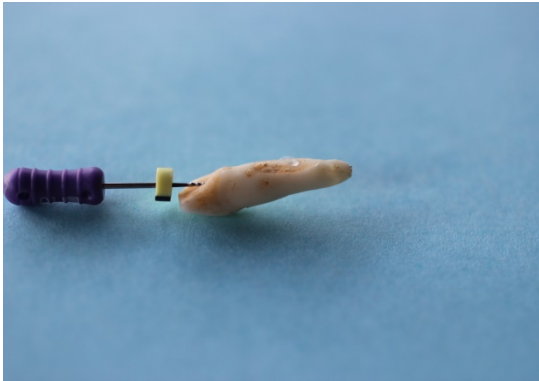


Imagen 22: Lima K del nº 10 en ápice radicular.



Imagen 23: Lima K del nº 10 excediendo del conducto radicular a nivel del ápice.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la realización del análisis estadístico se dispuso de la ayuda del personal del Departamento de Apoyo a la Investigación de la UCM.

Se utilizó el programa informático de análisis estadístico SPSS® (versión 17.0, USA).

Se empleó una prueba de correlación intraclase para determinar las variaciones intraexaminador, y entre las variables analizadas. La medición de la fiabilidad fue entre localizadores, entre la medición radiográfica y los localizadores, entre la magnificación y los localizadores, y entre la medición de radiográfica y la magnificación.

Se realizó un análisis univariante (descriptivo), para la obtención de frecuencias y porcentajes de las mediciones entre los localizadores, las radiografías y la magnificación.

Para todas las pruebas se estableció el nivel de significancia estadística con una $p < 0.05$ y un intervalo de confianza de un 95%.

Resultados

o

5. Resultados

5.1. Características de la muestra

En el estudio se analizaron 135 raíces deciduas que cumplieron con los criterios de inclusión/exclusión. La muestra quedó constituida por 112 molares, 11 incisivos y 12 caninos (Gráfico 1).

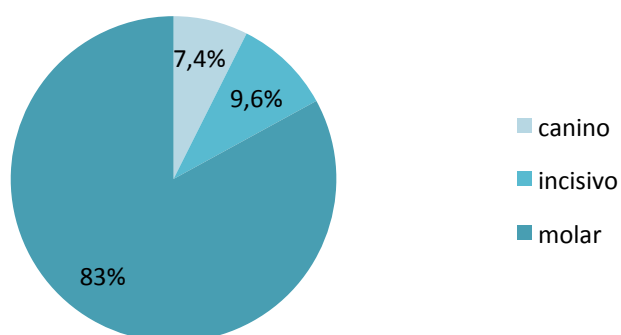


Gráfico 1: Distribución de los diferentes dientes.

El diente analizado con mayor frecuencia en este estudio fue el segundo molar inferior derecho temporal (8.5) con un total de 24 muestras. Seguido del resto de molares temporales, presentando éstos frecuencias muy similares entre ellas. Las piezas que menos asiduidad presentaron fueron los incisivos temporales tanto superiores como inferiores (Gráfico 2).

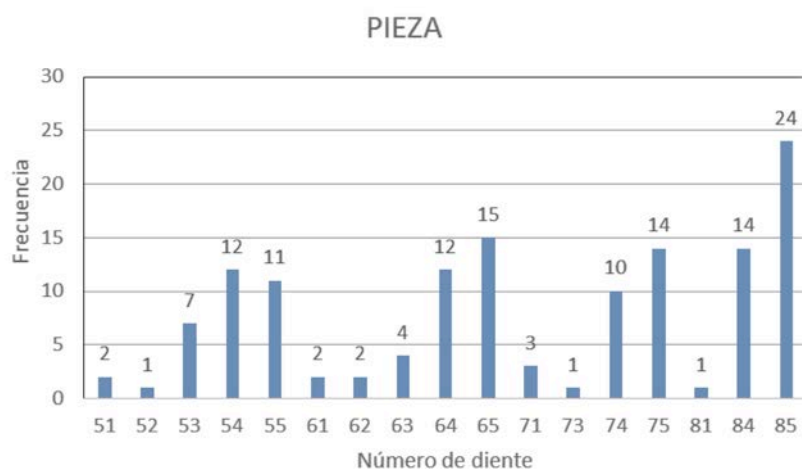


Gráfico 2: Frecuencia de cada pieza dentaria.

En la muestra que hemos estudiado, la mitad de las piezas dentarias aproximadamente corresponden a la arcada inferior y la otra mitad a la superior (Gráfico 3). En cuanto a la reabsorción radicular, un 44% presentaban reabsorción radicular y un 56% de ellas no (Gráfico 4).

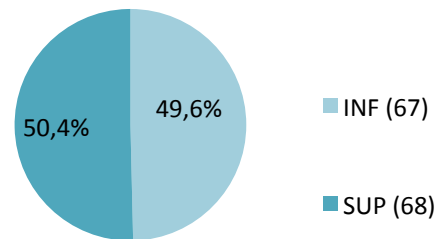


Gráfico 3. Distribución según arcadas superior e inferior.

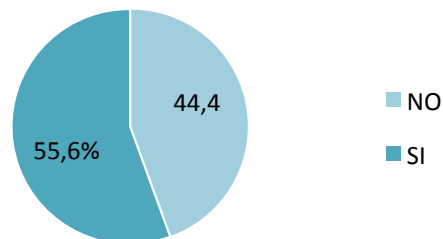


Gráfico 4: Distribución de la muestra según presentan o no reabsorción radicular.

5.2. Resultados de análisis univariante

Medición de la longitud de trabajo (LT) según el localizador de ápices utilizado, radiografía y visión directa mediante magnificación.

Tras medir las longitudes de trabajo en las diferentes raíces examinadas por cada uno de los LEAs obtuvimos que la media de LT medida para el LEA Root Zx® fue de 12,61, muy similar a la de Propex Pixi® (12,64), no siendo así para la medida de Root Zx Mini® que fue de 15,59. Todas las medidas encontradas se situaron en rangos entre 7 y 19 (Tabla 1).

Localizadores de ápice	N	M	Md	Ds	Min	Max
Root Zx®	134	12,61	12	2,72	7	19
Mini Root Zx®	135	15,59	12	2,74	7	19
Propex Pixi®	135	12,64	12	2,79	7	19

Tabla 1: Datos descriptivos de las LT con los diferentes LEAs.

N: número de muestras; M: media; Md: mediana; DS: desviación estándar; Min: mínimo; Max: máximo.

Al analizar la LT con Radiografía y Magnificación obtuvimos una media de 12,67 para las dos variables. Todas las medidas encontradas se situaron en rangos comprendidos entre 7 y 20 (Tabla 2).

	N	M	Md	DS	Min	Max
Radiografía	135	12,67	14	2,82	7	20
Magnificación	135	12,67	12	2,72	7	19,5

Tabla 2: Datos descriptivos de las LT con radiografía y magnificación.

N: número de muestras; M: media; Md: mediana; DS: desviación estándar; Min: mínimo; Max: máximo.

5.3. Estadística inferencial

5.3.1. Diferencias entre la longitud de la raíz medida mediante los diferentes localizadores electrónicos de ápice y con el uso de magnificación.

En primer lugar, se realizó el estudio del coeficiente de correlación intraclase (ICC) y el coeficiente de Pearson (R) que nos van a analizar la concordancia y asociación entre unas variables y otras, por lo que si este valor es alto, es decir, se encuentra próximo a 1, nos indicará que las variables son muy similares.

El localizador de ápices Root Zx Mini® es el que más se aproxima a las mediciones realizadas de manera directa mediante la magnificación en los valores de ICC y R, por lo que estas variables son las que mayor concordancia y relación lineal presentan cuando las comparamos (ICC = 0,987; R=0,987). Los LEAs Root Zx® y Propex Pixi® presentan unos valores iguales de ICC y R al compararlos con el estadístico magnificación, éstos son ligeramente inferiores a los obtenidos con el LEA Mini Root Zx® (ICC=0,981; R=0,981), aunque estos datos también se aproximan a 1 (Tabla 3).

En cambio cuando las mediciones se realizan mediante la técnica radiográfica y se contrastan con los valores obtenidos mediante visión directa con magnificación, el ICC y R son menores (ICC=0,846; R=0,846), indicando por tanto que *la fiabilidad de la radiografía con respecto a los LEAs es menor* (Tabla 3).

ICC R	Root Zx®	Root Zx Mini®	Propex Pixi®	Radio-gra-fía
Magnificación	0,981	0,987	0,981	0,846
	0,981	0,987	0,981	0,846

Tabla 3: Correlación de los LEAs Vs magnificación.

El coeficiente de Pearson se ajusta a una ecuación de regresión, que nos va a indicar la relación lineal entre las diferentes variables cruzadas, pudiendo interpretarlas en gráficas.

Así para Root Zx® y magnificación la ecuación fue: $\text{Magnificación} = 0,266 + 0,984 \times \text{Root Zx}^\circ$. Observándose una alta relación lineal entre ambas variables, con un coeficiente de Pearson de $r=0.981$.

En el gráfico 5, podemos observar como los datos están muy próximos a la recta ajustada derivada de la ecuación de regresión lineal, en este caso todos los puntos se sitúan muy cerca de esta recta, no observándose grandes discrepancias entre ellos.

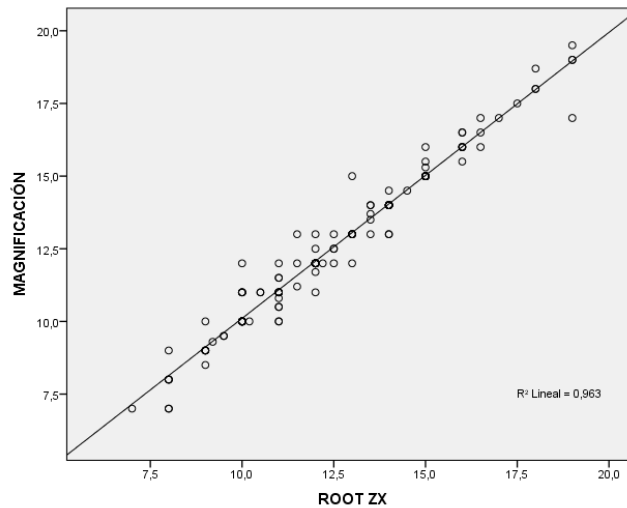


Gráfico 5. Correlación entre las variables magnificación y Root Zx®.

Para el LEA Propex Pixi® el valor del coeficiente de Pearson es de $r = 0,981$, siendo igual que el del caso anterior. Su ecuación fue: $\text{Magnificación} = 0,573 + 0,957 \times \text{Propex Pixi}^\circ$.

En el gráfico 6 se observa que los puntos se sitúan muy próximos a la recta de ajuste de las variables, indicando una correlación muy alta entre Propex Pixi® y la magnificación.

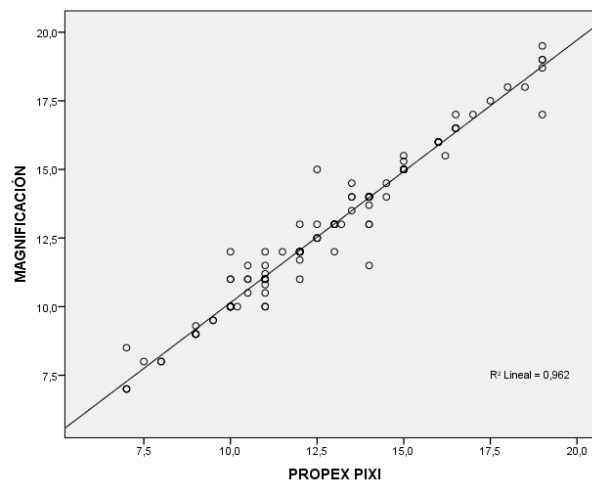


Gráfico 6: Correlación Propex Pixi® Vs magnificación.

Para el LEA Root Zx Mini® esta correlación es la más próxima a 1 (ICC= 0,987), por lo que la concordancia de los datos es muy fiable, existiendo muy pocas discrepancias entre los diferentes valores obtenidos.

El gráfico 7 nos indica que existe una fuerte relación entre las variables estudiadas, $r=0.987$, con ecuación de regresión: $\text{Magnificación} = 0,339 + 0,979 \times \text{Root Zx Mini}^\circ$.

Por tanto, podemos afirmar que *las mediciones realizadas con la magnificación y con el localizador electrónico de ápices Root Zx Mini® son las más similares.*

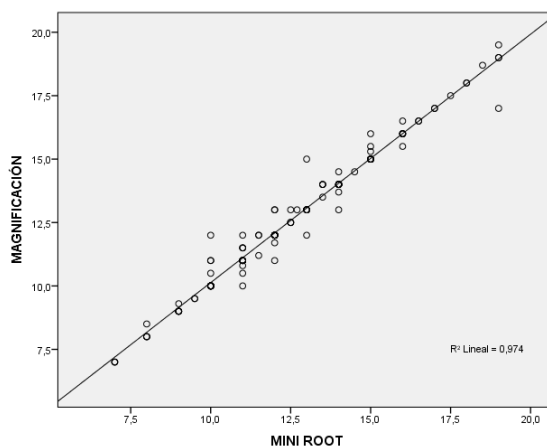
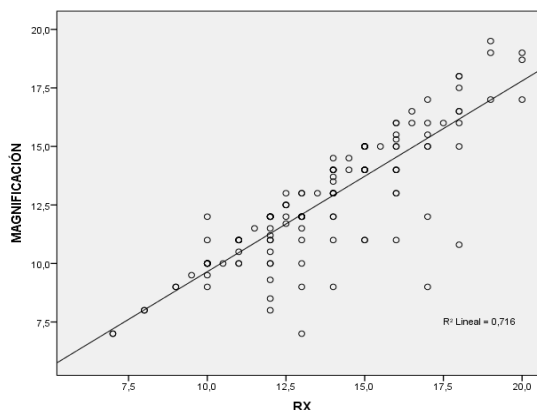


Gráfico 7: Correlación Root Zx Mini® Vs magnificación.

Cuando cruzamos los datos obtenidos mediante la técnica radiográfica y la magnificación, obtenemos un ICC=0,846, siendo su ecuación de regresión: $\text{Magnificación} = 1,499 + 0,875 \times \text{radiografía}$, obteniendo un $r=0,846$. Esto indica un alto grado de acuerdo o fiabilidad entre la variable magnificación y radiografía. Si estos resultados los comparamos con los obtenidos para los diferentes LEAs, *el grado de fiabilidad es menor*. En el gráfico 8 podemos ver como los puntos se separan más de la recta ajustada de la ecuación de regresión lineal.



Gráfica 8: Correlación de Rx Vs magnificación.

Se realizó otro estudio estadístico aplicando el contraste t de student para datos pareados o dos muestras relacionadas, que nos indica si existen diferencias sistemáticas. Cuanto más se aproxime el p-valor a cero, más diferencias existen entre las variables.

Para los LEAs Root Zx® y Propex Pixi® la t de student fue no significativa, cuando la comparábamos con la magnificación, por lo que no podemos decir que unos valores sean mayores que otros. Dado que este valor fue mayor de $p=0,05$, no rechazamos la hipótesis nula de igualdad de medias. No siendo así para la variable radiografía ya que este valor fue de $p < 0,001$, confirmando que *los datos obtenidos mediante la técnica radiográfica y la magnificación son muy dispares*, pudiendo afirmar que unos valores son mayores que otros (Tabla 4).

Si analizamos los datos obtenidos para Root Zx Mini® y los de la magnificación, vemos que la t student es ligeramente significativa, aunque la diferencia de medias es muy baja (-0,077). A este valor no debemos darle mucha relevancia, ya que el ICC es muy alto, lo que nos indica que clínicamente no tiene ninguna significación (Tabla 4).

T. Sig	Root Zx®	Root Zx Mini®	Propex Pixi®	Radio-grafía
Dif. Medias				
Magnificación	0,162	0,042	0,515	0,000
	-0,0642	-0,0778	-0,0304	1,0356

Tabla 4: Prueba T student y diferencia de medias.

Se realizó la prueba de rangos de Wilcoxon para contrastar si existen diferencias significativas entre las mediciones de la longitud de trabajo con los localizadores de ápices y la magnificación. Así como entre la técnica radiográfica y la magnificación.

El LEA Root Zx Mini® es la técnica que más casos idénticos presenta cuando la comparamos con la variable magnificación y esto concuerda con la prueba de ICC. Si observamos la diferencia entre los casos en que Root Zx Mini® mide por debajo (27) y por encima (11) de la magnificación, este LEA es el que más diferencia presenta entre estos dos valores, por lo que coincide con el hecho de que la t student sea significativa, no presentando relevancia clínica.

Para el LEA Propex Pixi® los valores idénticos a la magnificación fueron de 94 casos, muy próximos a los de Root Zx Mini®. Los casos por encima y por debajo de la magnificación son de 18 y 23 respectivamente. El LEA Root Zx® presenta unos valores de 82 casos idénticos. En 21 casos, el LEA obtiene mediciones superiores a los de la magnificación y en 31 casos inferiores (Tabla 5)

N° casos	Root Zx [®] Vs Magnificación P=0,147	Root Zx Mini [®] Vs Magnificación P=0,019	Propex Pixi [®] Vs Magnifica- ción P=0,385	Radiografía Vs Magnifica- ción P=0,000
Valores idénticos	82	97	94	52
Magnificación con valores superiores	31	27	23	5
Magnificación con valores inferiores	21	11	18	78

Tabla 5: Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo.

Estos datos descritos, los podemos plasmar en porcentajes.

Así para el LEA Root Zx[®] un 61,2% de las medidas coinciden exactamente con las de obtenidas por la variable la magnificación, encontrándose un 15,75% cuando mide por encima de la magnificación y un 23,1% cuando obtiene valores menores a ésta (Gráfico 9).

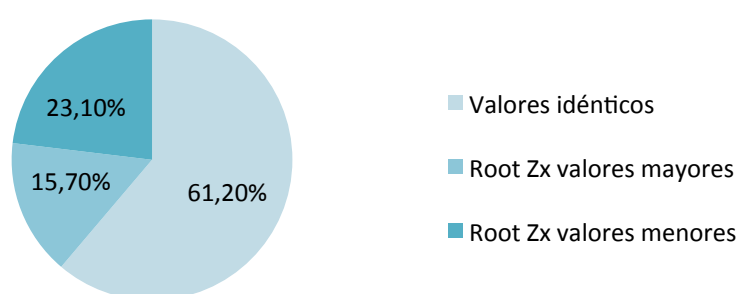


Gráfico 9. Porcentajes para Root Zx[®] vs magnificación.

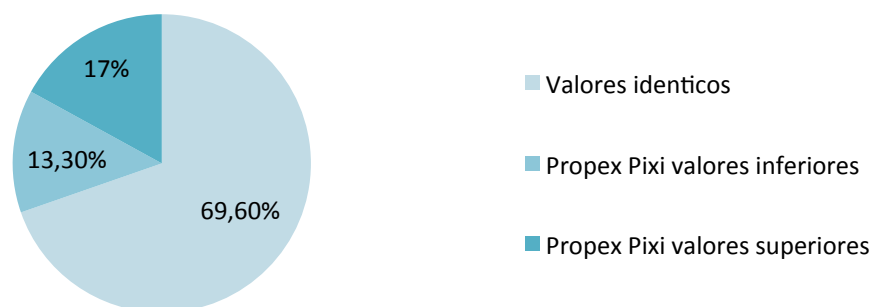
El LEA Root Zx Mini[®] obtiene un 71,9% para las mediciones iguales a las obtenidas mediante el método de visión directa de LT con magnificación, un 20% cuando obtiene medi-

ciones menores que las obtenidas por la magnificación y un 8,1% cuando los valores son mayores (Gráfica 10).



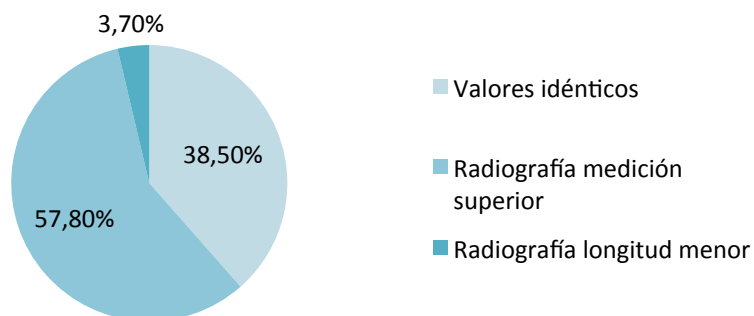
Gráfica 10: Porcentaje para Root Zx Mini® y magnificación.

Los porcentajes para Propex Pixi® fueron de 69,60% en los casos en los que los valores fueron idénticos para las dos variables. En un 17% el LEA presenta mediciones superiores a las de la visión directa mediante magnificación y en un 13,30% los valores obtenidos fueron inferiores (Gráfica 11).



Gráfica 11: Porcentaje para Propex Pixi® y magnificación.

Si analizamos los porcentajes para los datos obtenidos mediante la radiografía con respecto a los encontrados por la magnificación, vemos que únicamente un 38,5% son mediciones idénticas, pero si observamos los casos en que la radiografía mide por encima de la magnificación este porcentaje es del 57,80% y tan solo en un 3,7% la radiografía obtiene medidas menores que las de la magnificación (Gráfica 12).



Gráfica 12: Porcentaje para radiografía y magnificación.

5.3.2. Diferencias entre la longitud de la raíz medida mediante los diferentes localizadores de ápice y el uso de Magnificación asumiendo un error de $\pm 0,5\text{mm}$.

Si damos un margen de error de $\pm 0,5\text{mm}$ en las mediciones obtenidas por los diferentes LEAs y por la radiografía con respecto a la LT real obtenida mediante visión directa con magnificación, observamos que en un 83% el LEA Root Zx[®] coincide con la magnificación, siendo datos similares a los obtenidos con Propex Pixi[®] (86,7%). Para Root Zx Mini[®] estos resultados son ligeramente mayores (90,4%). Sin embargo el porcentaje disminuye cuando comparamos la LT real con la variable radiografía, siendo únicamente del 50,4%.

Para el LEA Root Zx[®] y la magnificación obtenemos que en un 9,6% (13 conductos) el LEA obtiene mediciones inferiores a la magnificación, y tan solo en un 6,7% (9 conductos) la medición obtenida por LEA fue superior (Gráfico 13).

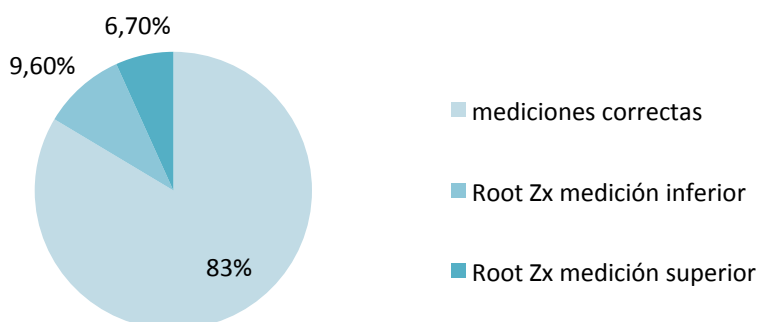


Gráfico 13. Porcentajes Root Zx[®] vs magnificación con margen de error $\pm 0,5\text{mm}$.

En estas mismas circunstancias Root Zx Mini® presenta 5,7% de la muestra (8 conductos) en las que el LEA obtiene valores inferiores a los obtenidos por la visión directa. En 3,7% (5 conductos) los valores fueron superiores (Gráfico 14).

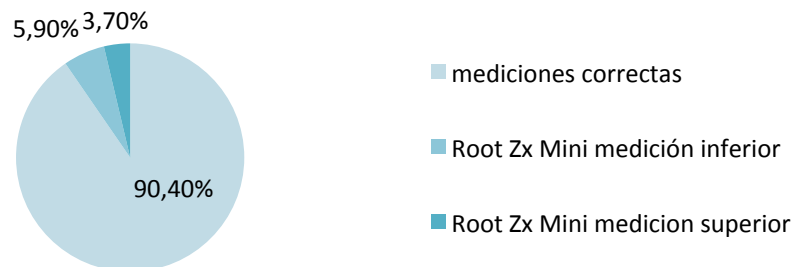


Gráfico 14. Porcentajes para Root Zx Mini® vs magnificación con margen de error de $\pm 0,5\text{mm}$.

Para el LEA Propex Pixi® todas las mediciones obtenidas por debajo o por encima de la LT real medida mediante magnificación fueron de 6,7% (9 conductos) (Gráfico 15).

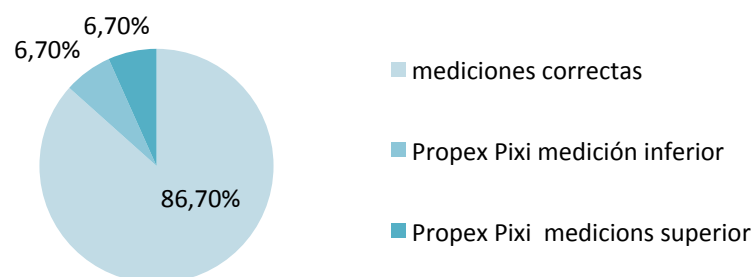


Gráfico 15. Porcentajes para Propex Pixi® vs magnificación con margen de error de $\pm 0,5\text{mm}$.

Cuando observamos las mediciones de la radiografía vemos que en un 48,1%, un total de 65 conductos examinados, los valores fueron superiores a los de la magnificación, y en tan solo 2 conductos (1,5%) lo hicieron por debajo (Gráfico 16).

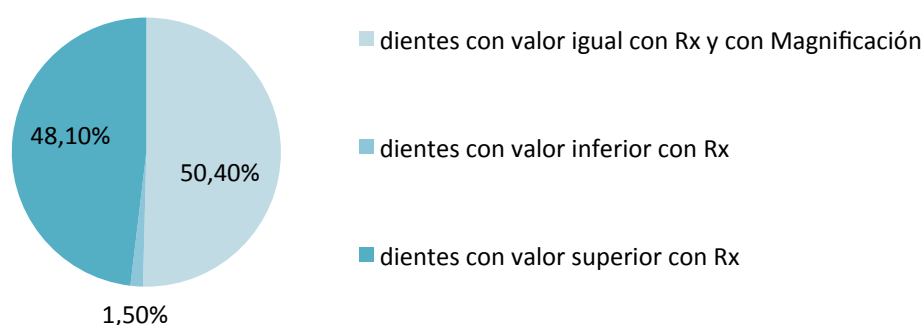


Gráfico 16. Porcentajes para radiografía vs magnificación con margen de error de $\pm 0,5\text{mm}$.

5.3.3. Diferencias entre la longitud de la raíz medida mediante la radiografía y los diferentes localizadores electrónicos de ápice.

Una vez hemos analizado los valores obtenidos entre los diferentes LEAS y la observación de la longitud radicular real mediante magnificación, estudiamos los datos obtenidos mediante los LEAs y la radiografía.

La *t* de Student fue de $p < 0,001$ para todos los casos, por lo que existe significación estadística, pudiendo afirmar que los datos obtenidos son diferentes para todas las variables cruzadas.

En todos los cruces de datos, la radiografía obtuvo más valores positivos que los LEAs, al igual que lo hacía con la magnificación, lo que nos indica que *las mediciones que realizamos únicamente con el método radiológico sobrepasan en mayor número el CDC que si lo realizamos con LEAs* (Tabla 6).

En cuanto a las mediciones idénticas, estos porcentajes varían entre un 35,8% y un 42,2% en los casos estudiados (Tabla 7). Por otra parte, el porcentaje de casos en los que la radiografía presentaba medidas inferiores a los LEAs era prácticamente insignificante.

	Root Zx [®]	Root Zx Mini [®]	Propex Pixi [®]
Radiografía	59% (79 casos)	57% (77 casos)	54,8% (74 casos)

Tabla 6: Valores superiores obtenidos mediante radiografía.

	Root Zx [®]	Root Zx Mini [®]	Propex Pixi [®]
Radiografía	35,8%(48 casos)	42,2%(57 casos)	42,2%(57 casos)

Tabla 7: Valores idénticos para LEAs y radiografía.

Si hablamos del ICC, los valores obtenidos al cruzar las variables LEAs y radiografía son altos, aunque no tanto como cuando comparábamos las variables LEAs y la magnificación, ya que estos datos de la radiografía no llegaban a 0,9 (Tabla 8).

	Root Zx [®]	Root Zx Mini [®]	Propex Pixi [®]
Radiografía	0,834	0,842	0,840

Tabla 8: Valores de ICC para LEAs y radiografía.

Esta relación se complementa con las diferentes ecuaciones de regresión, que nos muestran la relación lineal de las mediciones obtenidas por los diferentes LEAs en relación a las halladas mediante la técnica radiográfica. En estas gráficas observamos que la dispersión de los datos con respecto a la recta ajustada por la ecuación es mayor que cuando comparábamos los datos de los LEAs con la magnificación.

La ecuación lineal para Root Zx[®] y Radiografía es $Rx=2,784+0,867x \text{ Root Zx}^{\circ}$ (Gráfico 16).

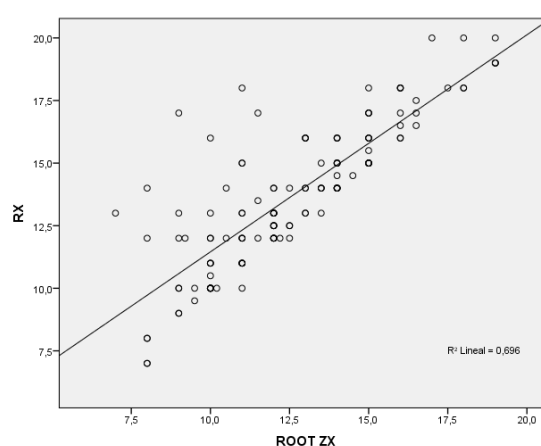


Gráfico 16: Correlación Rx y Root Zx[®].

Esta ecuación lineal para Root Zx Mini® y Radiografía es: $Rx = 2,782 + 0,867 \times \text{Root Zx Mini}^\circ$, siendo un valor de $ICC=0,834$ y $R=0,834$ (Gráfico 17).

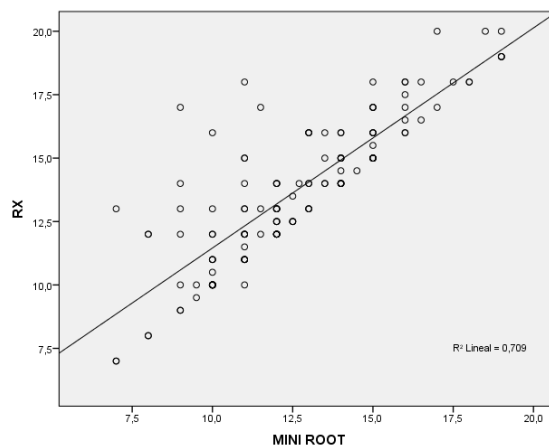


Gráfico 17: Correlación Rx y Root Zx Mini®.

Para Propex Pixi® y Radiografía esta ecuación es: $Rx = 2,956 + 0,850 \times \text{Propex Pixi}^\circ$ (Gráfico 18). Observando disparidad de las medidas obtenidas.

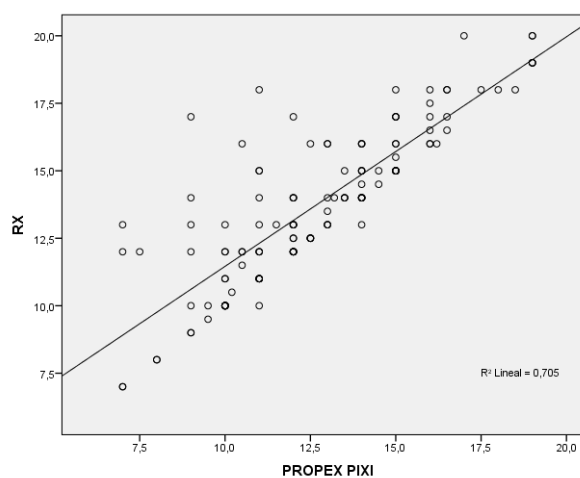


Gráfico 18: Correlación Rx y Propex Pixi®.

5.3.4. Diferencias entre la longitud de la raíz medida mediante radiografía y los diferentes localizadores electrónicos de ápice asumiendo un error de $\pm 0,5\text{mm}$.

Si damos un margen de error de $\pm 0,5\text{mm}$ en las mediciones obtenidas de la LT por los diferentes LEAs con respecto a la técnica radiográfica obtenemos que estos valores son de

un 50,4% para los casos que miden correctamente con el LEA Root Zx[®], siendo un porcentaje muy parecido a los obtenidos por el LEA Propex Pixi[®] (54,1%) y el LEA Root Zx Mini[®] (51,9%). Los valores de los LEAs obtenidos por encima o por debajo de los de la radiografía son también similares. Cabe destacar, los casos en los que la radiografía obtiene mediciones mayores a las obtenidas por los LEAs, siendo porcentajes altos, muy próximos a los casos que se miden correctamente, con lo cual podemos afirmar que *los LEAs y la radiografía no presentan similitudes en las mediciones* (Tabla 9).

N° casos	Root Zx[®] Vs Rx	Root Zx Mini[®] Vs Rx	Propex Pixi[®] Vs Rx
Porcentajes			
Valores correctos	68 50,4%	70 51,9%	73 54,1%
Valores en los que LEA mide más	3 2,2%	1 7%	2 1,5%
Valores en los que LEA mide menos	64 47,4%	64 47,4%	60 44,4%

Tabla 9: Porcentajes de casos para LEAs y Rx.

5.3.5. Diferencias entre la medición de la longitud de la raíz obtenida con los diferentes localizadores electrónicos de ápice.

Al comparar las medidas obtenidas para los diferentes LEAs, todos los datos fueron muy similares, *no obteniendo diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de ellos* ($p \geq 0,05$) (Tabla 10).

En cuanto al porcentaje de casos estudiados, el LEA Root Zx[®] presenta una concordancia en las mediciones del 79,1% cuando lo comparamos con el LEA Root Zx Mini[®], y un 72,4% cuando lo hacemos con el LEA Propex Pixi[®]. Los casos en los que Root Zx[®] obtuvo mediciones superiores a los de Root Zx Mini[®] y a los de Propex Pixi[®] fueron de 16 casos (12%) y 17 (12,7%) respectivamente (Tabla 10).

Si analizamos los LEAs Root Zx Mini[®] y Propex Pixi[®], observamos que coinciden en un 79,3% de las mediciones. En tan solo 10 casos Mini Root Zx[®] presentó mediciones superiores a las de Propex Pixi[®] y éste lo hizo en 18 casos sobre Root Zx[®] (Tabla 10).

Nº casos	Root Zx [®] y Root Zx Mini [®]	Root Zx [®] y Propex Pixi [®]	Root Zx Mini [®] y Propex Pixi [®]
Porcentajes	P=0,798	P=0,320	P=0,241
Casos idénticos	106 (79%)	97 (72,4%)	107 (79,3%)
Casos positivos	16 (11,9%)	17 (12,7%)	10 (7,4%)
Casos negativos	12 (9%)	20 (14,9%)	18 (14,9%)

Tabla 10: Prueba de Wilcoxon de rangos con signo y porcentajes válidos para los diferentes LEAs.

Si nos fijamos en el coeficiente de correlación intraclass de estos estadísticos, observamos que todas las ICC son muy altas, es decir se encuentran muy próximas a 1, lo que nos indica que hay una fuerte concordancia, (Tabla 11). Esta prueba, junto con el coeficiente de Pearson nos va a mostrar de forma gráfica, que existe muy poca dispersión de las medidas, en relación a la recta ajustada por la ecuación de regresión, indicando la igualdad de mediciones entre una variable y otra. Por tanto, *podemos afirmar que las mediciones realizadas con los localizadores electrónicos de ápice Root Zx[®] y Root Zx Mini[®], Root Zx y Propex Pixi[®], y Root Zx Mini[®] y Propex Pixi[®] son muy similares* (Gráfico 19, 20, 21).

ICC	Root Zx [®]	Root Zx Mini [®]	Propex Pixi [®]
R			
Root Zx[®]		0,993 0,993	0,986 0,986
Root Zx Mini[®]	0,993 0,993		0,991 0,991
Propex Pixi[®]	0,986 0,986	0,991 0,991	

Tabla 11: ICC entre los LEAs estudiados.

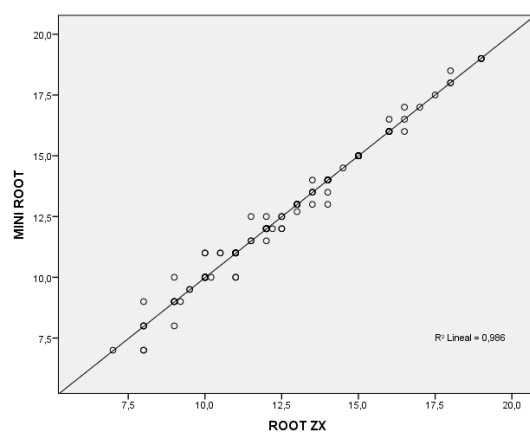


Gráfico 19: Correlación entre Root Zx Mini® y Root Zx®.

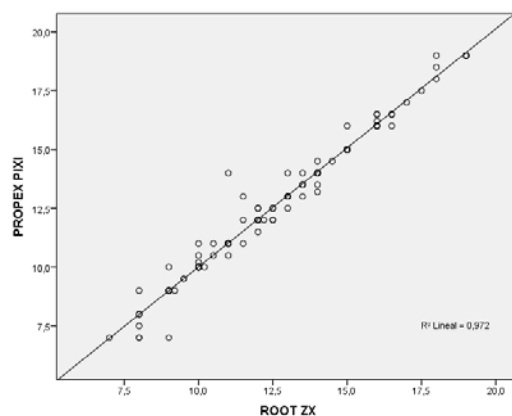


Gráfico 20: Correlación entre Propex Pixi® y Root Zx®.

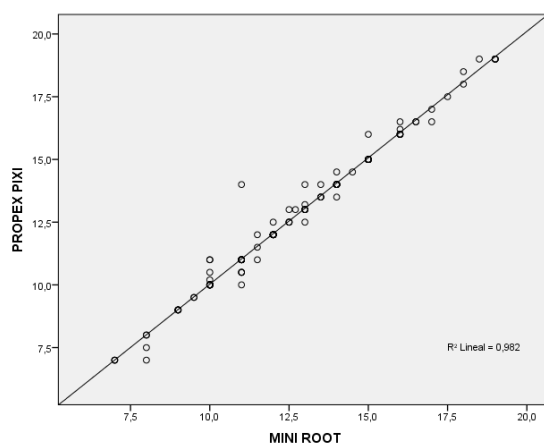


Gráfico 21: Correlación entre Propex Pixi® y Root Zx Mini®.

5.3.6. Diferencias entre la longitud de la raíz medida mediante los diferentes localizadores electrónicos de ápice, radiografía y con el uso de magnificación en raíces con reabsorción y sin ella.

Los resultados descritos hasta ahora corresponden con los datos que hemos obtenido utilizando la totalidad de la muestra. En este apartado se va a dividir la muestra en dos grupos, las raíces que presentan reabsorción y las que no.

Si analizamos las raíces que no presentan reabsorción radicular, observamos que los resultados obtenidos mediante el coeficiente intraclass (ICC) son muy altos para todas las variables, aunque la variable radiografía presenta un ICC algo inferior (0,921) lo que indica que la similitud es menor, (Tabla 12). Este valor es aún más pequeño cuando se analizan raíces con reabsorción radicular, siendo el ICC para radiografía de 0,753, indicando que la diferencia de las mediciones es mayor (Tabla 13).

	Root Zx ^o	Root Zx Mini ^o	Propex Pixi ^o	Radiografía
Magnificación	0,981	0,984	0,980	0,921

Tabla 12: ICC para las diferentes variables en raíces sin reabsorción.

	Root Zx ^o	Root Zx Mini ^o	Propex Pixi ^o	Radiografía
Magnificación	0,989	0,989	0,980	0,753

Tabla 13: ICC para las diferentes variables en raíces con reabsorción.

Estos datos de ICC y los datos de coeficiente de Pearson los representamos en la gráfica de regresión que nos va a mostrar la correlación lineal entre las variables. Sabemos que las relaciones entre los estadísticos magnificación y LEAs presentan muy poca discrepancia, no siendo así para las variables radiografía y magnificación, que en los casos en los que la raíz se encuentra reabsorbida los datos son dispares entre las variables estudiadas, aunque cuando la raíz se encuentra sin reabsorber los datos obtenidos son parecidos (Gráfico 22 y 23).

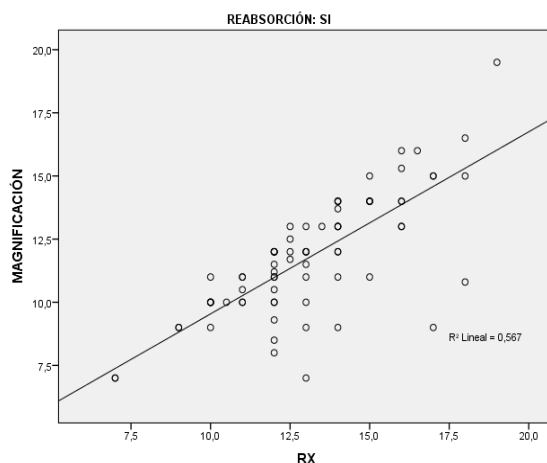


Gráfico 22: Correlación Magnificación y Rx con raíces reabsorbidas.

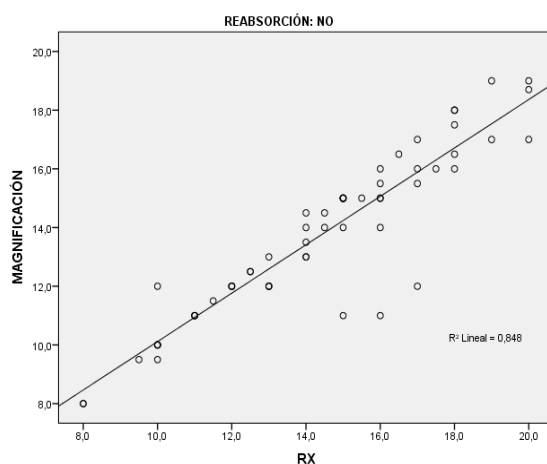


Gráfico 23: Correlación Magnificación y Rx sin raíces reabsorbidas.

En cuanto a los porcentajes basados en la prueba de Wilcoxon de rangos con signo, las mediciones idénticas para la magnificación y el LEA Root Zx[®] son de más del 50% de los casos, 67,8% para raíces sin reabsorción y un 56% para raíces con ella. En raíces sin reabsorción se observa mucha discrepancia entre las mediciones que Root Zx[®] obtiene para los valores que miden por encima de magnificación (8,5%), y los que lo hacen por debajo (23,7%). En cambio para las raíces con reabsorción estos datos se acercan, el 22,7% Root Zx[®] presenta mediciones menores y en un 21,3% mayores (Tabla 14).

El LEA Root Zx Mini[®] y la magnificación presentan 46 casos idénticos, siendo 6 casos más que para el LEA Root Zx[®], y 2 casos más que para el LEA Propex Pixi[®], por lo tanto el LEA Root Zx Mini[®] es el LEA que más porcentaje de casos iguales presenta (76%) a la magnificación en raíces sin reabsorción. La radiografía obtiene mediciones inferiores con res-

pecto a los LEAs, tan solo presenta un 51,7% en que los datos son idénticos a los de magnificación en raíces sin reabsorción (Tabla 14).

Si hablamos del grupo de raíces que presenta reabsorción los tres LEAs estudiados dan valores similares, Root Zx® obtiene 42 casos idénticos a las medidas obtenidas mediante magnificación, Root Zx Mini® 52 casos y Propex Pixi® 50 casos, *obteniendo Root Zx Mini® nuevamente el mayor porcentaje de medición idénticas*, un 68%. Sin embargo, la variable radiografía obtiene 21 casos iguales a los de la magnificación (21 casos) pero muy inferiores a los de los LEAs., siendo un número de casos muy inferior al obtenido por los LEAs. (Tabla 14).

N° casos porcentajes		Root Zx® Vs Magnificación	Root Zx Mini® Vs Magnifi- cación	Propex Pixi® Vs Magnifica- ción	Rx Vs Mag- nificación
No Reabsor- ción n=60	Valores idénticos	40 (67,8%)	46 (76%)	44 (73,3%)	31 (51,7%)
	Mag va- lores supe- riores	14 (23,7%)	12 (20%)	11 (18,3%)	2 (3,3%)
	Mag va- lores infe- riores	5 (8,5%)	2 (3,3%)	5 (8,3%)	27 (45%)
Si Reabsor- ción n=75	Valores idénticos	42 (56%)	52 (68%)	50 (66,7%)	21 (28%)
	Mag va- lores supe- riores	16 (21,3%)	15 (20%)	12 (16%)	3 (4%)
	Mag va- lores infe- riores	17 (22,7%)	9 (12%)	13 (17,3%)	51 (68%)

Tabla 14: porcentajes de casos con raíces sin reabsorción y sin ella.

Si analizamos la significación estadística entre la muestra que presenta reabsorción ra-
dicular y la que no la presenta, observamos que para el LEA Propex Pixi® y la radiografía
obtenemos $p=0,038$ y $p= 0,010$ respectivamente, por lo que podemos afirmar que en estos
dos casos los resultados obtenidos para los diferentes grupos estudiados no son similares
(Tabla 15).

Sig	Root Zx[®]	Root Zx Mini[®]	Propex Pixi[®]	Radiografía
Magnificación	0,121	0,166	0,038	0,010

Tabla 15: Significación estadística entre raíces con reabsorción y sin ella.

5.3.7. Diferencias entre la longitud de la raíz medida mediante los diferentes localizadores electrónicos de ápice, la radiografía y el uso de magnificación en raíces con reabsorción y sin ella asumiendo un error de $\pm 0,5\text{mm}$.

Estos datos varían al asumir un margen de error de $\pm 0,5\text{mm}$. Para las raíces sin reabsorción los casos en los que LEA Root Zx[®] mide correctamente ascienden al 83%, es decir nueve casos más que si no asumimos ese error. Para Root Zx Mini[®] y Propex Pixi[®] las medidas correctas fueron del 88,3% y 83,3% respectivamente, volviendo a ser *Root Zx Mini[®]* el LEA en el que mayor porcentaje de casos coinciden con las mediciones realizadas por magnificación. Sin embargo, la variable radiografía vuelve a obtener mediciones menores; tan solo en 38 de los casos estudiados (63,3%), coinciden con las mediciones realizadas con magnificación (Tabla 16).

En las raíces con reabsorción, la cantidad de casos medidos correctamente con Root Zx[®] que coinciden con los analizados mediante magnificación fue de 63 (84%), ligeramente superior a los casos sin reabsorción. Por su parte, el *LEA Root Zx Mini[®]* obtuvo un 92% en las mediciones iguales a las de la magnificación de los casos medidos correctamente, volviendo a ser el que mayor porcentaje presenta. El LEA Propex Pixi[®] obtuvo un 89,3% de coincidencias con la magnificación. En cambio la radiografía tan solo presentó un 40%, obteniendo en 44 casos valores superiores (Tabla 16).

N° casos		Root Zx [®] Vs Magnificación	Root Zx Mini [®] Vs Magnificación	Propex Pixi [®] Vs Magnificación	Rx Vs Magnificación
Porcentajes					
No Reabsorción n=60	Valores correctos	50 (83,1%)	53 (88,3%)	50 (83,3%)	38 (63,3%)
	Mag valores superiores	8 (13,6%)	6 (10%)	8 (13,3%)	1 (1,7%)
	Mag valores inferiores	2 (3,4%)	1 (1,7%)	2 (3,3%)	21 (35%)
Si Reabsorción n=75	Valores correctos	63 (84%)	69 (92%)	67 (89,3%)	30 (40%)
	Mag valores superiores	5 (6,7%)	2 (2,7%)	1 (1,3%)	1 (1,3%)
	Mag valores inferiores	7 (9,3%)	4 (5,3%)	7 (9,3%)	44 (58,7%)

Tabla 16: Porcentajes de casos con raíces con reabsorción y sin ella asumiendo un error de $\pm 0,5\text{mm}$.

Al asumir el error de $\pm 0,5\text{mm}$ obtenemos que no existen diferencias significativas para Root Zx[®] ni para Root Zx Mini[®], no siendo así para el LEA Propex Pixi[®] y radiografía, al igual que cuando no asumíamos este error (Tabla 16).

Sig	Root Zx	Mini Root Zx [®]	Propex Pixi [®]	Radiografía
Magnificación	0,187	0,117	0,010	0,023

Tabla 17: Significación estadística entre raíces con reabsorción y sin ella asumiendo un error de $\pm 0,5\text{mm}$.

5.3.8. Diferencias entre la longitud de la raíz medida mediante los diferentes localizadores electrónicos de ápice y la radiografía en raíces con reabsorción y sin ella.

Al analizar las raíces en dos grupos, uno las que presentan reabsorción y otro las que no la presentan, observamos que los valores de ICC son muy similares y muy próximos a 1, por lo que podemos afirmar que existe una alta concordancia entre los diferentes LEAs estudiados. Para el grupo con reabsorción radicular este ICC es menor en todas las variables (Tabla 18).

		Root Zx [®]	Root Zx Mini [®]	Propex Pixi [®]
Rx	No reabsorción	0,908	0,908	0,917
	Si reabsorción	0,724	0,748	0,731

Tabla 18: ICC para las diferentes variables en raíces con y sin reabsorción.

Si nos fijamos en la prueba de Wilcoxon de los rangos con signos, obtenemos valores muy dispares a los obtenidos hasta ahora. Cuando comparamos las medidas obtenidas mediante los diferentes LEAs y la radiografía los datos revelan que las coincidencias en las mediciones se encuentran entre el 45% y el 53% en raíces sin reabsorción, lo cual indica que *existe mucha discrepancia entre las mediciones realizadas con LEAs y Rx*.

En el grupo de raíces con reabsorción estos datos son aún más bajos, tan solo en un 25,3% Root Zx[®] mide lo mismo que la radiografía. Root Zx Mini[®] lo hace en un 33,3% y Propex Pixi[®] en un 40% de los casos. En este grupo hay que fijarse en que el estadístico radiografía obtiene valores mayores que los LEAs. Obteniendo mediciones superiores cuando lo comparamos con Root Zx[®] (en 50 casos), en 49 casos lo hace por encima de las mediciones obtenidas por Root Zx Mini[®], y en 43 más que Propex Pixi[®] (Tabla 19).

N° casos		Root Zx° Vs	Mini Root Zx° Vs	Propex Pixi° Vs
Porcentajes		Rx	Rx	Rx
No reabsorción n=60	Casos idénticos	29 (49,2%)	32 (53,3%)	27 (45%)
	Rx valores mayores	29 (49,2%)	28 (46,7%)	31 (51,7%)
	Rx valores menores	1 (1,7%)	Ningún caso	2 (3,3%)
Si reabsorción n=75	Casos idénticos	19 (25,3%)	25 (33,3%)	30 (40%)
	Rx valores mayores	50 (66,7%)	49 (65,3%)	43 (57,3%)
	Rx valores menores	6 (8%)	1 (1,3%)	2 (2,7%)

Tabla 19: Porcentajes válidos de casos con raíces sin reabsorción y con ella.

En cuanto a lo que se refiere la significación estadística entre los LEAs y la radiografía, encontramos que los tres LEAs tienen un valor $p \leq 0,05$, por lo que podemos afirmar que estos datos entre los dos grupos no son muy similares para estos estadísticos (Tabla 20).

Sig	Root Zx°	Root Zx Mini°	Propex Pixi°
Radiografía	0,056	0,032	0,075

Tabla 20: Significación estadística entre raíces con reabsorción y sin ella.

5.3.9. Diferencias entre la longitud de la raíz medida mediante los diferentes localizadores electrónicos de ápice y la radiografía en raíces con reabsorción y sin ella asumiendo un error de $\pm 0,5\text{mm}$.

Si asumimos un error de $\pm 0,5\text{mm}$, los datos aumentan entre los casos que miden correctamente para los LEAs estudiados y la radiografía, obteniendo unos porcentajes mayores, un 61,7% para Root Zx[®], un 63,3% para Root Zx Mini[®] y un 60% para Propex Pixi[®] en el grupo de raíces sin reabsorber. Este aumento de porcentajes ocurre también en el grupo de raíces con reabsorción.

Cabe destacar que en el grupo de las raíces no reabsorbidas no hay ningún caso en que la radiografía obtenga mediciones menores a las obtenidas por los LEAs (Tabla 21).

Nº casos		Root Zx [®] Vs	Root Zx Mini [®] Vs	Propex Pixi [®] Vs
Porcentajes		Rx	Rx	Rx
No reabsorción n=60	Casos correctos	37 (61,7%)	38 (63,3%)	36 (60%)
	Rx valores mayores	23 (38,3%)	22 (36,7%)	24 (24%)
	Rx valores menores	Ningún caso	Ningún caso	Ningún caso
Si reabsorción n=75	Casos correctos	31 (41,3%)	32 (42,7%)	37 (49,3%)
	Rx valores mayores	41 (54,7%)	42 (56%)	36 (48%)
	Rx valores menores	4 (3%)	1 (1,3%)	2 (2,7%)

Tabla 21: Porcentajes válidos de casos con raíces sin reabsorción y con ella asumiendo un error de $\pm 0,5\text{mm}$.

En este caso ocurre lo mismo que si no asumimos un error de $\pm 0,5\text{mm}$, encontrando diferencias significativas para Root Zx[®] y Root Zx Mini[®]. No siendo así para Propex Pixi[®] (Tabla 22).

Sig	Root Zx[*]	Root Zx Mini[*]	Propex Pixi[*]
Radiografía	0,030	0,046	0,249

Tabla 22: Significación estadística entre raíces con reabsorción y sin ella asumiendo un error de $\pm 0,5\text{mm}$.

5.3.10. Diferencias entre la longitud de la raíz medida mediante los diferentes localizadores electrónicos de ápice en raíces con reabsorción y sin ella.

Cuando cruzamos los LEAs entre sí no encontramos grandes diferencias, el ICC es muy alto para todas las variables analizadas, por lo que podemos afirmar que existe una alta concordancia entre ellas. El valor más alto lo presentan Root Zx Mini^{*} y Propex Pixi^{*} en el grupo de raíces sin reabsorción radicular (ICC=0,997). En el grupo de las raíces que si presentan reabsorción las variables Root Zx^{*} y Root Zx Mini^{*} son las que mayor concordancia tienen (ICC=0,987) (Tabla 23).

	Root Zx[*] Vs Root Zx Mini[*]	Root Zx[*] Vs Propex Pixi[*]	Root Zx Mini[*] Vs Propex Pixi[*]
No Reabsorción	0,996	0,995	0,997
Si Reabsorción	0,987	0,972	0,982

Tabla 23: ICC para las diferentes variables en raíces con y sin reabsorción.

Si nos fijamos en los porcentajes para los casos idénticos, no hay grandes diferencias en ninguno de los dos grupos estudiados. Los LEAs que mayor número de casos obtienen iguales son Root Zx^{*} y Root Zx Mini^{*} (Tabla 24). Para estas variables no existe significación estadística ($p \geq 0,05$) por lo que podemos decir que *todos los LEAs, tanto en raíces reabsorbidas como en las no reabsorbidas, obtienen mediciones muy similares* (Tabla 25).

N° casos		Root Zx° Vs	Root Zx° Vs	Root Zx Mini°
		Root Zx Mini°	Propex Pixi°	Vs Propex Pixi°
Porcentajes				
No Reabsorción n=60	Casos idénticos	51	46	48
		85%	76,7%	80%
	Primera variable mayor que la segunda	4	6	5
		6,7%	10%	8,3%
	Primera variable menor que la segunda	4	7	7
		6,7%	11,7%	11,7%
Si Reabsorción n=75	Casos idénticos	55	51	59
		73,8%	68%	78,7%
	Primera variable mayor que la segunda	12	11	5
		6%	14,7%	6,7%
	Primera variable menor que la segunda	8	13	11
		10,7%	14,7%	14,7%

Tabla 24: Porcentajes válidos con raíces sin reabsorción y con ella.

	Root Zx°	Mini Root Zx°	Propex Pixi°
Root Zx°		0,457	0,650
Mini Root Zx°	0,457		0,178
Propex Pixi°	0,650	0,178	

Tabla 25: Significación estadística entre raíces con reabsorción y sin ella.

5.3.11. Diferencias entre la longitud de la raíz medida mediante los diferentes localizadores electrónicos de ápice en raíces con reabsorción y sin ella asumiendo un error de $\pm 0,5\text{mm}$.

Si asumimos un error de $\pm 0,5\text{mm}$, los datos estudiados son similares a los que obtuvimos sin asumir el error, no encontrándose diferencias significativas entre ninguno de los LEAs analizados (Tabla 26). En cuanto a las semejanzas entre las mediciones de éstos, observamos que Root Zx Mini® y Propex Pixi® son los que mayor número de casos correctos presentan, tanto en raíces con reabsorción (69 casos) representando un 92%, como en raíces sin reabsorción (59 casos), un 98,3%. Propex Pixi® no obtiene mediciones superiores a Root Zx Mini® en el grupo de raíces sin reabsorción (Tabla 27).

Sig	Root Zx®	Mini Root Zx®	Propex Pixi®
Root Zx®		0,3262	0,125
Mini Root Zx®	0,336		0,125
Propex Pixi®	0,125	0,125	

Tabla 26: Significación estadística entre raíces con reabsorción y sin ella asumiendo un error de $\pm 0,5\text{mm}$.

N° casos		Root Zx' Vs	Root Zx' Vs	Root Zx Mini'
		Root Zx Mini'	Propex Pixi'	Vs Propex Pixi'
Porcentajes				
No Reabsorción n=60	Casos co- rrectos	57	57	59
		95%	95%	98,3%
	Primera va- riable mayor que la segunda	1	1	1
		1,7%	1,7%	1,7%
	Primera va- riable menor que la segunda	2	2	Ningún caso
		3,3%	3,3%	
Si Reabsorción n=75	Casos co- rrectos	67	66	69
		89,3%	88%	92%
	Primera va- riable mayor que la segunda	5	3	2
		6,7%	4%	1,5%
	Primera va- riable menor que la segunda	3	6	5
		4%	8%	3,7%

Tabla 27: Porcentajes válidos con raíces sin reabsorción y con ella asumiendo un error de $\pm 0,5\text{mm}$.

Discusión

6. Discusión

Muestra

En el presente trabajo se estudiaron 135 raíces deciduas de las cuales 112 pertenecían a molares, 11 a incisivos y 12 a caninos; 75 raíces presentaban reabsorción radicular y 60 no la presentaban. La reabsorción radicular nunca excedía más de 1/3 de la raíz.

Bodur y cols ⁽¹⁷⁵⁾ en 2008 realizaron un estudio similar al nuestro; su muestra era ligeramente superior. Se compuso de 90 dientes temporales, de los cuales 60 fueron molares y 30 incisivos, con lo que analizaron un total de 144 raíces, de las cuales 51 no presentaba reabsorción radicular y 93 si la presentaban, siendo ésta no más de 1/3 de la raíz coincidiendo con nuestro trabajo.

El resto de las investigaciones in vitro analizadas presentaron un tamaño muestral inferior al examinado por nosotros y por Bodur y cols ⁽¹⁷⁵⁾.

Tosun G. y cols ⁽¹⁷⁶⁾, estudiaron 34 molares con reabsorción radicular y 19 sin ella. Leonardo y cols ⁽¹⁷⁷⁾ por su parte, utilizaron una muestra similar, observando 33 dientes (17 incisivos y 16 molares), aunque no indican si éstos presentaban reabsorción radicular. Otro estudio que también presentaba raíces con reabsorción radicular y sin ella es el realizado por Mente y cols ⁽¹⁷⁸⁾ unos años antes. La diferencia con nuestro estudio es que su muestra está compuesta únicamente por dientes unirradiculares, concretamente por 24 incisivos superiores.

Un estudio realizado en 2015 por Bahromoloomi y cols ⁽¹⁷⁹⁾ coincide con el estudio realizado por Mente y cols ⁽¹⁷⁸⁾ y Mello-Moura y cols ⁽¹⁸⁰⁾ en que exclusivamente medían la longitud radicular de dientes temporales anteriores. Sin embargo, en el estudio de Bahromoloomi ⁽¹⁷⁹⁾ todas las raíces presentaban reabsorción, no excediendo 1/3 de la raíz, coincidiendo este hecho con nuestro criterio de inclusión de la muestra.

Son varios los autores que no detallan en sus trabajos si las raíces de dientes temporales estudiadas presentaban o no reabsorción radicular ^(177, 179-182), ni si las raíces eran de un diente unirradicular o multirradicular ^(177,181-184).

Otros tipos de estudios son los que se realizaron in vitro e in vivo, como fue el de Kielbassa y cols ⁽⁹⁶⁾ en 2003, que examinaron 30 niños, pudiendo observar 71 dientes (34 molares y 37 incisivos) siendo un total de 105 raíces, una muestra algo superior a la utilizada por nosotros, aunque no nos indican si presentan reabsorción las raíces estudiadas o no. Otra investigación, con un número de muestra algo mayor a la nuestra, es la realizada por Ghaemmaghami y cols ⁽¹⁸⁵⁾ unos años más tarde (2008), en la que utilizaron 150 incisivos, éste tampoco indicaba si sus muestras presentaban reabsorción radicular. Beltrame y cols

⁽¹⁸⁶⁾ en 2011 realizaron un estudio en el que la muestra se componía de 15 molares temporales analizando un total de 30 conductos, 17 de ellos con reabsorción y 13 sin reabsorción, en su estudio no incluyó ninguna pieza unirradicular. En este mismo año Patiño-Marin y cols ⁽¹⁸⁷⁾ realizaron otra investigación en la que examinaron 61 conductos tanto de molares como de incisivos y caninos, presentando reabsorción en 58 de los conductos examinados y 3 no la presentaban. El último estudio encontrado de estas características fue realizado en 2012 por Chougule y cols ⁽¹⁸⁸⁾ en el que examinaron únicamente 13 molares, siendo un total de 30 conductos y no especifica si presentan o no reabsorción radicular.

De todos los estudios analizados, únicamente cinco autores los realizaron in vivo, no coincidiendo así con nuestra investigación ni con ninguna de las citadas anteriormente. Neena y cols (2011) ⁽¹⁸⁹⁾ utilizaron 90 conductos de 30 dientes, éstos no indicaban si eran molares o dientes unirradiculares, aunque si especificaban que éstos no podían presentar más de 2/3 de la raíz reabsorbida. Ozunurhan y cols ⁽¹⁹⁰⁾ en 2015 realizaron un estudio muy similar ya que midieron la longitud radicular de 32 molares, siendo un total de 96 raíces. Por su parte Saritha y cols ⁽¹⁹¹⁾ en 2012, utilizaron 40 raíces de incisivos superiores totalmente formados. Wankhade ⁽¹⁹²⁾ un año más tarde realiza un estudio muy similar al de Saritha ⁽¹⁹¹⁾, examinando únicamente dientes anteriores, aunque su muestra fue de 70 dientes, algo superior a la del autor anterior. En el año 2016, Kumar y cols ⁽¹⁹³⁾ realizaron un estudio utilizando 7 piezas unirradiculares y 15 multirradiculares pudiendo medir así un total de 41 conductos radiculares que al menos debían tener 2/3 de la raíz formada.

Material

La mayoría de las investigaciones sobre medición de la longitud de trabajo comparando diferentes métodos, están realizadas en dentición permanente. En dentición temporal hay menos investigaciones y las encontradas sobre este tema son muy dispares al referirse al material empleado para la conservación de los dientes extraídos, el instrumental usado, en la determinación de la longitud de trabajo y la técnica empleada para ello.

Es sabido que el suero fisiológico o conocido también como cloruro sódico, es el medio de conservación de elección, por ello en el presente trabajo y en la gran mayoría de las publicaciones consultadas como Leonardo y cols ⁽¹⁷⁷⁾, Mello- Moura y cols ⁽¹⁸⁰⁾, Subramaniam y cols ⁽¹⁸³⁾ optaron por la utilización de este medio, para conservar los dientes temporales realizaron las extracciones de éstos y retirar el ligamento periodontal.

Katz ⁽¹⁸¹⁾ en 1996, conservó los dientes recién extraídos en solución salina y refrigerados a -4 °C, sin explicar porqué congela los dientes introducidos en el medio de conservación. Bodur y cols ⁽¹⁷⁵⁾ unos años más tarde y siguiendo el método de refrigerar las piezas dentales postextracción las preserva en esta misma disolución a 4 °C, en vez de congelarlos.

Otro medio de conservación de los dientes extraídos que se emplea en los diferentes artículos revisados, fue el formaldehído. Este líquido es tóxico y perjudicial para el ser humano si se trabaja con él durante un tiempo prolongado, por lo cual no nos pareció conveniente

emplearlo para conservar nuestras muestras. A pesar de ello, varios autores como Tosun y cols ⁽¹⁷⁶⁾, Angwaravong y cols ⁽¹⁸⁴⁾ y Patiño-Marin y cols ⁽¹⁸⁷⁾ conservaron los dientes en 10% formaldehído y posteriormente en hipoclorito sódico al 5,25%. Por su parte, Bahrmoloomi y cols ⁽¹⁷⁹⁾ también utilizaron formaldehído al 10%, pero tras ser eliminado el ligamento periodontal, conservaban los dientes en suero fisiológico. Mente y cols ⁽¹⁷⁸⁾ también conservaban los dientes únicamente en formaldehído aunque lo hacen a una concentración más baja, al 4%.

En relación a los observadores que realizan el estudio y las repeticiones que se realizan de cada medición, no hemos encontrado un consenso en las investigaciones consultadas. Cada uno de los autores revisados desarrolla una técnica individualizada para su trabajo.

En nuestro estudio el operador fue una odontóloga especialista en endodoncia. Se decidió que solo iba a ser un examinador el que hiciese todas las mediciones y una única medición de las diferentes muestras para que hubiese una homogeneidad de criterio. Se realizó una concordancia intraexaminador para comprobar que las mediciones realizadas por la única observadora fueran fiables. Dos de las investigaciones consultadas ^(184,190) también realizan sus mediciones una única vez y por un único operador, sin embargo, no especifican si éste tiene o no una especialidad.

Otros estudios similares fueron los de Beltrame y cols ⁽¹⁸⁶⁾ y Wankhade y cols ⁽¹⁹²⁾ que también contaban con un único operador, aunque en éstos repetían cada medición 3 y 2 veces respectivamente.

En dos de los trabajos revisados ^(175,176) realizaban las mediciones dos examinadores que no conocían el estado de reabsorción de las raíces y repetían cada medición 3 veces.

Los estudios realizados in vitro e in vivo, presentaban otra metodología diferente a la que hemos descrito anteriormente. En el estudio de Kielbassa y cols ⁽⁹⁶⁾ los niños fueron tratados por dos odontopediatras, aunque no quedaban claros algunos aspectos, como cuantas repeticiones se realizaban de cada muestra, si los odontopediatras analizaban el mismo número de muestras, si éstas eran las mismas para los dos operadores o si cada observador valoraba muestras diferentes. El estudio de Ghaemmaghami y cols ⁽¹⁸⁵⁾, sin embargo, especifica que los dos investigadores examinaron 75 muestras diferentes cada uno, al igual que en el Kumar y cols ⁽¹⁹³⁾, aunque en éste último cada uno de ellos realizó las mediciones con diferentes métodos.

Otros trabajos ^(178,188) coinciden en que las mediciones las realizaban 3 observadores, cada uno de ellos con un método distinto, es decir que cada observador tenía un papel independiente en la investigación. Patiño-Marin ⁽¹⁸⁷⁾ no coincide con ningún otro estudio ya que las diversas mediciones las realizaban 4 operadores.

En los trabajos analizados existe una gran disparidad tanto en el tipo de limas como en la secuencia de estas limas que se han empleado para la localización de la longitud de trabajo en las diferentes muestras de raíces.

Las limas K son los instrumentos de elección para la permeabilización del conducto. Éstas se pueden precurvar para facilitar su inserción a través del conducto dentino-cemento (CDC) pudiendo determinar la longitud de trabajo del conducto radicular eficazmente. En esta investigación hemos utilizado estas limas K de un pequeño calibre (0.10) puesto que con ellas no dañamos ni deformamos el CDC, siendo las de elección para determinar la LT. La longitud de la lima que hemos escogido es de 21mm ya que las raíces de los dientes deciduos no son muy largas y esa medida es suficiente para determinar la longitud del conducto radicular. Estos mismos parámetros fueron elegidos por Subramaniam y cols en su estudio en 2005 ⁽¹⁷²⁾.

Muchos son los autores ^(177, 180, 185, 188,192) que han utilizado limas K en sus estudios, aunque no nos indican el diámetro ni la longitud que han empleado en sus trabajos. En otros estudios ^(175, 181, 186, 190, 191, 193) también emplearon estas limas, aunque escogieron un diámetro superior al de nuestra investigación, sin indicar la longitud de las mismas. Otros autores como Neena y cols ⁽¹⁸⁹⁾ utilizaron estos mismos instrumentos, aunque con calibres comprendidos entre 0.10 y 0.20 y Angwaravong y cols ⁽¹⁸⁴⁾ emplearon calibres comprendidos entre 0.15-0.40, no indicando, ninguno de estos autores, cuando utilizaban cada uno de los calibres. Patiño- Marin y cols ⁽¹⁸⁷⁾ utilizaron limas K con calibres comprendidos entre 15 y 80 para dientes anteriores y calibres del 20 al 55 para molares.

Por su parte, Kielbassa y cols ⁽⁹⁶⁾ realizaron la medición de la longitud de trabajo con limas Henström del 15 y del 20, no coincidiendo con nuestro estudio ni con ningún otro autor consultado. Estas limas son limas que se pueden enclavar en la pared de la dentina y producir así su posterior fractura, por lo que se suele limitar su uso a la zona media y coronal del conducto, no alcanzando la constricción apical.

Mente y cols ⁽¹⁷⁸⁾ utilizaron tanto limas Henström como limas K, no indicando en que momento emplea cada instrumento.

Tosun y cols ⁽¹⁷⁶⁾, fueron los únicos autores que utilizaron fresas Gates-Glidden para ensanchar el tercio más coronal de la raíz y tras ellas utilizaron limas de diámetro 0.10 K-flexofile para determinar la longitud de trabajo, siendo el único autor que utiliza limas de níquel titanio, las cuales no se pueden precurvar.

En nuestra investigación estudiamos como determinar la longitud de trabajo de las raíces de los dientes temporales mediante distintos localizadores electrónicos de ápice. En los trabajos consultados sobre el tema observamos que son muchos los LEAs empleados por los diferentes autores.

Nosotros hemos utilizado tres localizadores electrónicos de ápice diferentes para medir nuestras muestras, (Root Zx[®], J. Morita Corporation), (Root Zx Mini[®], Modelo RCM-7, J. Morita USA) y (Propex Pixi[®], Denstply Maillefer).

El LEA Root Zx[®] es el localizador electrónico de ápices de referencia, es el que todos los autores emplean para poder verificar la eficacia de otros dispositivos en cuanto a la determinación de la longitud de trabajo de los conductos radiculares. Este localizador pertenece a los LEAs de tercera generación y no se comercializa actualmente.

El LEA Root Zx Mini[®] se utilizó porque es la versión reducida de Root Zx[®], y no existen muchos estudios que evalúen que la eficacia de estos dos localizadores electrónico de ápice sea la misma, por lo que en esta investigación hemos decidido equiparlos.

El LEA Propex Pixi[®] pertenece a los LEAs de cuarta generación y es de reciente comercialización.

Varios autores ^(96,179,180,181,184-186) emplean en sus diferentes investigaciones únicamente el localizador electrónico de ápices Root Zx[®] para la determinación de la longitud de trabajo del conducto radicular. Estos autores coinciden con nuestra investigación en el empleo del LEA de referencia, sin embargo estos autores no cotejan las diferentes mediciones de los conductos radiculares con otros localizadores electrónicos de ápices.

Pocos de los trabajos consultados no utilizaron el localizador electrónico de ápices Root Zx[®], como el de Subramaniam y cols ⁽¹⁸³⁾ que utilizaron únicamente el LEA D10 Electronic Apex Locator[®] (Parkell Electronic Division, NY, USA), o el de Nelson-Filho y cols ⁽¹⁸²⁾ que utilizaron el LEA I-Pex Multifrequency[®]. Wanhanke y cols ⁽¹⁹²⁾ emplea el LEA Joypex 5[®] y Ozunurhan y cols ⁽¹⁹⁰⁾ tampoco coincide con ninguna investigación ya que solo emplea el LEA Endomaster[®].

Algunas de las investigaciones consultadas no utilizaban el LEA Root Zx[®], pero si alguna de sus nuevas formas de comercialización como Saritha y cols ⁽⁸²⁾ que únicamente utilizaron el Root Zx II[®], Mente y cols ⁽¹⁶⁷⁾ que utilizaron el Triauto Zx[®] o Chougule y cols ⁽¹⁷⁷⁾ que utilizaron el Dentaport Zx[®]. Por su parte, Kumar y cols ⁽¹⁸²⁾ emplearon en su investigación el LEA Root Zx Mini[®], que también hemos usado en para realizar nuestras mediciones.

Los estudios ya citados, no equiparan la longitud de trabajo obtenida con otros LEAs. Por ello se consultaron autores, que coincidiendo con nuestro estudio, utilizasen varios localizadores de ápices electrónicos, para comparar la mayor o menor eficacia de los diferentes LEAs en dentición decidua.

Muchos de los estudios consultados comparaban el LEA Root Zx[®] con otros. Como Leonardo y cols ⁽¹⁷⁷⁾, que lo compararon con Sybroendo Mini Apex Locator[®] (Sybro Endo, Sybro Dental, Anaheim, CA, USA.). O Bodur y cols ⁽¹⁷⁵⁾ que lo hicieron con el Endex[®]. Por su parte, Tosun y cols ⁽¹⁷⁶⁾, lo compararon con el LEA que incorporaban motor eléctrico, de la misma casa comercial que Root Zx[®], el Tri Auto Zx[®]. Patiño-Marín y cols ⁽¹⁸⁷⁾ utilizaron dos de los LEAs que empleábamos en nuestro estudio (Root Zx[®] y Propex Pixi[®]).

En lo que se refiere a la observación directa de la longitud real del conducto radicular en dentición decidua, los estudios analizados presentan diferentes tipos de magnificación para poder determinarla con exactitud.

Coincidiendo con diversos autores ^(96,175,178) hemos utilizado unas gafas de aumento de X2, ya que este aumento nos permitía observar de forma adecuada en qué momento nuestra lima sale del ápice radicular, obteniendo así la longitud real de nuestro conducto radicular. Ghaemmaghami y cols ⁽¹⁸⁵⁾ emplearon una magnificación algo superior, utilizando gafas de aumento de X2,5. Otros autores escogieron magnificaciones binoculares mayores a la nuestra, como Katz ⁽¹⁸¹⁾ (X6.3), Beltrame y cols ⁽¹⁸⁶⁾ (X5) y cols o Kumar ⁽¹⁹³⁾ (X4,5).

El esteromicroscopio es empleado en diversos trabajos ^(179,180,184,192) obteniendo así una visión directa mucho mayor a la que pudimos alcanzar con los aumentos escogidos por nosotros.

Sabemos que las radiografías son de buena ayuda diagnóstica e intraoperatoria, pero frecuentemente no proporcionan la información requerida en cuanto al nivel de reabsorción radicular, ya que como hemos mencionado, nos proporcionan una imagen bidimensional de una estructura tridimensional, por lo que las radiografías se interpretan en lugar de leerse y esto puede llevar a un sesgo de error, ya que esta lectura puede estar abierta a diferentes interpretaciones. Por ello hemos querido que fuese un único operador el que realizase las mediciones.

Para que todas las imágenes radiológicas que hemos obtenido de la muestra observada, no presentasen sesgos hemos utilizado la técnica del paralelismo, para evitar mediciones erróneas producidas por la distorsión que se puede crear cuando se coloca el foco radiográfico mesializado o distalizado. Con el fin de obtener las imágenes claras y que no se perdiesen ni se deterioraran hemos utilizado las radiografías digitales periapicales (RGV). Estos mismos criterios son utilizados por varios autores de los consultados ^(183, 191-193).

Ozunurhan y cols ⁽¹⁹⁰⁾, por su parte, utilizaron radiografía digital coincidiendo con nuestro estudio aunque no nos indique que técnica usa para realizarla.

Otros autores consultados no coinciden en el empleo de radiografía digital ^(181,187,189), ya que emplean radiografías convencionales, pudiendo perder calidad de la imagen si no se revelaban con eficacia y se conservaban de forma adecuada.

En los estudios publicados encontramos tres ^(177,188,192), en los que únicamente realizan radiografías diagnósticas, para evaluar el conducto previamente a ser tratado y no efectúan como la mayoría de los estudios, radiografías intraoperatorias para comprobar si la longitud de trabajo es la idónea y poder compararla con la LT obtenida por los dispositivos electrónicos.

Para que las investigaciones no presenten sesgos de medición, es importante marcar una referencia coronal, que sea el punto donde partan las diversas mediciones con los diferentes instrumentos empleados.

En el presente estudio marcábamos el punto de referencia coronal de los diversos dientes examinados con un roturador indeleble previamente a la medición de la longitud de trabajo y la introducción de la lima en el conducto radicular. De esta forma podíamos volver a medir la misma pieza con otro localizador ya que la referencia coronal siempre era la misma y así no se creaban sesgos en la medición. Esta misma técnica fue realizada por varios autores ^(96,177,179).

Tosun y cols ⁽¹⁷⁶⁾, por su parte, tras observar la salida de la lima por el ápice busca la longitud del conducto y marca la referencia cuspídea con un rotulador indeleble, pudiendo así tener errores a la hora de encontrar la LT ya que la conocen previamente a realizar las mediciones con los LEAs.

En cuanto al montaje de dientes para la obtención de la longitud de trabajo, hay gran variedad de maneras de realizarlo. En nuestra investigación, coincidiendo con varios autores ^(175,176,181), introducimos las raíces de los dientes en un recipiente de plástico transparente relleno de alginato para que actuase como periodonto, así mismo, introducimos el gancho del localizador para cerrar el circuito eléctrico, y poder obtener la longitud de cada raíz. Otros autores consultados ^(183,184) sumergieron los dientes en alginato mezclado con 0,9% de cloruro sódico que actuaba de periodonto.

Otros estudios, a diferencia del nuestro, no utilizaban alginato que les sirviese como periodonto. Leonardo y cols ⁽¹⁷⁷⁾ utilizaron unas esponjas humedecidas con suero salino para colocar los dientes y medir la LT. Sin embargo, Bahrololoomi y cols ⁽¹⁷⁹⁾ emplearon gel de agar al 1% y un litro de suero salino. Mente y cols ⁽¹⁷⁸⁾ introdujeron los dientes en polietileno de alta densidad que contenía 35ml de solución salina al 0,9%.

RESULTADOS

Tras analizar los resultados obtenidos en nuestro estudio se observó que existe una alta correlación entre los LEAs y la magnificación. Siendo el ICC igual para Root Zx® y para Propex Pixi® (ICC=0.981), este valor para Root Zx Mini® es ligeramente más alto (ICC=0,987), pudiendo afirmar que los datos para Root Zx Mini® y magnificación son los más similares. Varios de los autores consultados ^(179, 180, 185) obtienen ICC muy altos, demostrando la fiabilidad de los LEAs en dentición temporal.

El estudio realizado por Patiño-Marin y cols ⁽¹⁸⁷⁾, obtiene el mismo ICC para Root Zx® y Propex Pixi® (ICC=0,90), algo menor al hallado por nosotros para estos mismos dispositivos.

Otros autores también obtienen una alta correlación entre las variables LEAs y la visión directa de la LT, aunque empleando distintos dispositivos electrónicos a los que hemos estudiado nosotros. Así, Leonardo y cols ⁽¹⁷⁷⁾ analizaron Root Zx II®, una versión posterior de Root Zx®, obteniendo valores de ICC=0,96, similares a los encontrados por nosotros con Root Zx®. Chougule y cols ⁽¹⁸⁸⁾, por su parte, escogieron otra versión posterior de Root Zx®,

el Dentaport Zx®, con el que obtuvieron una fiabilidad del 0,99, mayor a la nuestra con cualquier LEA de los analizados. Nelson-Filho y cols ⁽¹⁸²⁾ emplearon I-Pex® obteniendo también muy buenos resultados (ICC=0,99).

En cambio, los resultados obtenidos cuando comparamos la radiografía digital con la magnificación, son menores, ICC= 0,84, coincidiendo con Mente y cols ⁽¹⁷⁸⁾ que obtienen un ICC de 0,85. Barhroloomi y cols ⁽¹⁷⁹⁾ obtienen una fiabilidad con la radiografía y la magnificación mayor a la obtenida en nuestra investigación (ICC=0,90), no obstante, Mello-Moura y cols ⁽¹⁸⁰⁾, obtienen una concordancia menor (ICC=0,70).

Si comparamos los casos en que nuestros LEAs y la radiografía miden igual que la magnificación, observamos que Root Zx Mini® y Propex Pixi® son los que más casos idénticos presentan con respecto a la LT real, 71,9% y 69,6% respectivamente, seguidos de Root Zx® con un 61, 2%. Sin embargo la radiografía presenta tan solo un 38,5% .

Si asumimos un error de $\pm 0,5\text{mm}$ obtenemos que los casos idénticos de todos los estadísticos aumentan. Al cruzar los LEAs con la magnificación éstos varían entre un 83% y 90,4%, siendo Root Zx Mini® el que más casos iguales presenta. En cuanto a la radiografía y la magnificación también aumenta el porcentaje de casos idénticos, aunque se quedan en un 50,4%, muy lejos de los resultados obtenidos por los diferentes LEAs.

Kumat y cols ⁽¹⁹³⁾ en su estudio obtienen resultados muy parecidos a los nuestros, Root Zx Mini® presenta un 95,1% en los casos en que las mediciones coinciden con las de la magnificación. En este estudio hallaron que la radiografía obtenía un mayor número de casos iguales (75,6%) que los obtenidos por nosotros, asumiendo el mismo error que nuestra investigación .

Otros autores consultados también asumen un margen de error de $\pm 0,5\text{mm}$, como Bahroloomi y cols ⁽¹⁷⁹⁾, que hallaron que Root Zx® presentaba un 86% de los casos estudiados iguales a los resultados obtenidos por la magnificación, asemejándose a nuestro estudio (83,6%). Angwavarong y cols ⁽¹⁸⁴⁾ observaron que Root Zx® presentaba un 96,7% de casos iguales a LT real mediante visión directa, siendo un porcentaje mayor al encontrado por nosotros. Otros autores, como Ghaemmaghi y cols ⁽¹⁸⁵⁾ observaron resultados inferiores a los nuestros, (65%) con LEA Root Zx®. Chougule y cols ⁽¹⁸⁸⁾ (37%) y Oznurhan y cols ⁽¹⁹⁰⁾ (47%), utilizaron Dentaport Zx® y Endomaster respectivamente, no siendo los mismos LEAs que los empleados en la presente investigación.

Manteniendo este margen de error de $\pm 0,5\text{mm}$ y separando en dos grupos la muestra, uno que presentaba reabsorción radicular y el otro que no la presentaba, obtenemos resultados entre grupos muy similares (Root Zx® y magnificación). En el grupo de raíces sin reabsorber, presentan un 83% de igualdad en las mediciones realizadas, siendo un valor muy similar al hallado por Tosun y cols ⁽¹⁷⁶⁾ (89,3%). Para el grupo de raíces con reabsorción este valor obtenido en nuestro estudio fue del 84% y en el de Tosun y cols ⁽¹⁷⁶⁾ del 89,3%.

Beltrame y cols ⁽¹⁸⁶⁾, sin embargo, encontraron en el grupo de raíces sin reabsorber unas coincidencias entre los estadísticos del 69%, algo menor al hallado en nuestra investigación. Para el grupo de raíces reabsorbidas este valor aumentaba, siendo del 77%.

Bodur y cols ⁽¹⁷⁵⁾, por su parte obtienen valores mucho más bajos, un 54,9% para el grupo de raíces sin reabsorción y un 25,8% para las que si las presentan.

Al analizar las diferentes mediciones obtenidas mediante la técnica radiográfica y los tres LEAs empleados en este trabajo, obtenemos diferencias significativas para los tres LEAs ($p=0,000$), tanto en raíces con reabsorción como en las que no la presentan.

Si asumimos un error de $\pm 0,5\text{mm}$, y comparamos las raíces con reabsorción y sin ella, Root Zx[®] y Root Zx Mini[®] presentaban diferencias significativas, pero no es así para Propex Pixi[®] ($p=0,249$). Ghaemmaghmi y cols ⁽¹⁸⁵⁾, Tosun y cols ⁽¹⁷⁶⁾ tampoco obtienen diferencias entre estos grupos cuando empleaban el dispositivo electrónico Root Zx[®].

Cuando evaluamos los diferentes LEAs entre sí, no obtenemos significación estadística en ningún caso, al igual que Bodur y cols ⁽¹⁷⁵⁾, Patiño- Marin y cols ⁽¹⁸⁷⁾, Neena y cols ⁽¹⁸⁹⁾.

En la presente investigación obtenemos que todos los LEAs son más fiables que la radiografía al igual que los estudios realizados por Nelson-Filho y cols ⁽¹⁸²⁾ Subrammain y cols ⁽¹⁸³⁾, Patiño- Marin y cols ⁽¹⁸⁷⁾, y Wankade y cols ⁽¹⁹²⁾.

Conclusiones

7. Conclusiones

1. Los localizadores electrónicos de ápice son eficaces en la determinación de la longitud de trabajo en dentición temporal en raíces reabsorbidas y en las que no lo están
2. Existen diferencias estadísticamente significativas entre la longitud de la raíz medida mediante radiografía y la visión directa utilizando magnificación, tanto en raíces reabsorbidas como en las que no lo están.
3. Existen diferencias estadísticamente significativas entre la longitud de trabajo de la raíz medida mediante el método radiográfico y los localizadores electrónicos de ápice estudiados: Root Zx®, Root Zx Mini® y Propex Pixi®.
4. No existen diferencias estadísticamente significativas entre la longitud de trabajo medida mediante magnificación y los localizadores electrónicos de ápice estudiados: Root Zx®, Root Zx Mini® y Propex Pixi®.
5. No se encuentran diferencias estadísticamente significativas al comparar las medidas realizadas entre los localizadores electrónicos Root Zx® y Propex Pixi®, no siendo así para el localizador electrónico de ápice Root Zx Mini® que obtiene una baja significación estadística, sin relevancia clínica evidente.
6. No se hallaron diferencias significativas entre los tres localizadores electrónicos de ápice estudiados en raíces con reabsorción, tanto si asumimos como si no lo hacemos, un margen de error de $\pm 0,5\text{mm}$.

Bibliografía

8. Bibliografía

1. Boj JR. Odontopediatria: la evolución del niño al adulto joven. Madrid: Ripano; 2011, p.27-66.
2. Cohen S, Burns R. Vías de la pulpa. the. St.Louis, MO:CV Mosby; 2002,p.468-523.
3. Bordoni N, Escobar Rojas A, Castillo Mercado R. Odontología pediátrica, la salud bucal del niño y el adolescente en el mundo actual. 1ªed. Buenos Aires: Medica Panamericana, 2010, p. 461-67.
4. Echeverría J.J, Cuenca E. El manual de odontología. Masson, 1ª edición; 2002, p. 1379-88.
5. Canalda C, B. E. Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas, Masson; 2006, p.4-12.
6. Gómez de Ferraris ME, Campos Muñoz A. Histología y Embriología Bucodental. 2ª ed. Madrid: Panamericana; 2002. Barbería E, Boj JR, Catalá M, García C, Mendoza a. Odontopediatria. 2ª ed. Barcelona: Masson; 2001, p.86-100, 398-403.
7. Barbería E. Erupción dentaria. Prevención y tratamiento de sus alteraciones. Pediatr Integral. 2001; 6:229-40.
8. Berkovitz BKB, Holland G.R. Moxham B.J. Oral anatomy, histology and embryology. 2ªed. Edinburgh: Mosby; 2009, p.130-97.
9. Nanci A. Development of the tooth and its supporting tissues. Ten Cate´s oral histology: development, structure and function. 7ª ed. St. Louis, Missouri: Mosby; 2007. p.111-275.
10. Kitamura H. Early development of the teeth. H. Oral embryology and pathohistology. Tokio: Ishiyaku EuroAmerica; 1998. p.1-37.
11. Bashkar S. Histología y embriología bucal de Orban. 11ª ed. México: Editorial Prado; 1993. p.387-405
12. Mjor JA, Pindborg JJ. Odontogénesis. En: Histología del diente humano. 1ª ed. Barcelona: Labor; 1973. p.17-32.
13. Nelson S.J, Ash M.M, Wheeler Dental anatomy, physiology and occlusion. St. Louis, Mo.: Saunders Elsevier, 9th ed; 2010, p.23-50.
14. Figún ME, Garino RR. Anatomía odontológica. 2ª ed. Buenos Aires: El Ateneo, 1960. p.325-26.
15. Gomez Criado F. Cambios celulares en la erupción dentaria. Av Odontoestomatol. 1986; 2:155-8.
16. Melcher A, Furseth R. Erupción dentaria y caída de los dientes temporales. En: Mjor I, Fejerskov O. Embriología e histología oral humana. Barcelona: Salvat; 1989. p. 169-94.
17. Barbería. Atlas de odontología infantil para pediatras y odontólogos. Madrid: Ripano; 2005. p. 33-39.
18. Abramovich A. Histología y embriología dentaria. 2ª ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 1999, p. 287-292
19. Canut Brusola JA. Ortodoncia clínica y terapéutica. 2ª ed. Barcelona: Masson; 2000, p.25-42
20. Bjerklín K, Al-Naijjar M, Kárestedt H, Andren A. Agenesis of mandibular second premolars with retained primary molars. A longitudinal radiographics study of 99 subjects from 12 years of age to adulthood. Eur J Orthodontic. 2008; 30:254-61.
21. Fanning E. A longitudinal study of tooth formation and root resorption. Dent J. 1961; 57:202-17.
22. Obersztyn A. Experimental Investigation of Factor Causing Resorption of Deciduous Teeth. J Dent Res. 1963; 42:660-74.

23. Sahara N. Cellular Events at the Onset of Physiological Root Resorption in Rabbit Deciduous Teeth. *Anat Rec.* 2001; 264:387-96.
24. Kim PH, Heffez LB. Multiple idiopathic resorption in the primary dentition. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999; 88:501-5.
25. Bolan M, Rocha MJ. Histopathologic study of physiological and pathological resorptions in human primary teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007; 104:680-5.
26. Harokopakis-Hajishengallis E. Physiologic root resorption in primary teeth: molecular and Histological events. *J Oral Sci.* 2007; 49:1-12.
27. Monteiro J, Day P, Duggal M, Morgan C, Rodd H. Pulpal status of human primary teeth with physiological root resorption. *Int J Paediatr Dent.* 2009; 19:16-25.
28. Sahara N, Ozawa H. Cementum-Like Tissue Deposition on the Resorbed Enamel Surface of Human Deciduous Teeth Prior to Shedding. *Anat Rec.* 2004; 279:779- 91.
29. Sasaki T, Ueno-Matsuda E. Immunocytochemical Localization of Cathepsins B and G in Odontoclasts of Human Deciduous Teeth. *J Dent Res.* 1992; 71:1881-4.
30. Ne RF, Witherspoon DE, Becon MS, Gutmann JL. Tooth resorption. *Quintessence Int.* 1999; 30:9-25.
31. Cahill DR. Histological Changes in the Bony Crypt and Gubernacular Canal of Erupting Permanent Premolars During Deciduous Premolar Exfoliation in Beagles. *J Dent Res.* 1974; 53:786-91.
32. Rodrigues LV, Vasconcelos AC, Campos PA, Brant JM. Apoptosis in Pulp Elimination during Physiological Root Resorption in Human Primary Teeth. *Braz Dent J.* 2009; 20:179-85.
33. Ten Cate AR, Anderson RD. An Ultrastructural Study of Tooth Resorption Resorption in the Kitten. *J Dent Res.* 1986; 65:1087-93.
34. Ureles SD, Chrzan JM, Norton LA, Rossomando EF. A role for TNF in bone resorption of deciduous molar in human beings. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000; 118:196-202.
35. Yildirim S, Yapar M, Semet, Sener K Kubar A. The role of dental pulp cells in resorption of deciduous teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008; 105:113-20.
36. Ferrer Cañabate J, Tovar I, Martínez P. Osteoprotegerina y Sistema RANKL/RANK: ¿el futuro del metabolismo óseo? *An Med Interna.* 2002; 19:385-88.
37. Ten Cate. *Histología oral. Desarrollo estructura y función.* 2ªed. St Louis, Missouri Panamericana. 1986, p.336-24.
38. Haralabakis N, Yiagtzis SC, Tountoutzakakis N. Premature o delayed exfoliation of deciduous teeh and root resorption and formation. *Angle Orthod.* 1994; 64:151- 57.
39. Rolling, I. Histomorphometric analysis of primary teeth during the process of resorption and shedding. *Scand J Dent Res.* 1981; 89:132-42.
40. Soskolne WA, Bimstein A. A histomorphological study of the shedding process of human deciduous teeth at various chronological stages. *Arch. Oral Biol.* 1977; 22:331-35.
41. Sasaki T, Shimizu T, Watanabe, Hiyoshi Y. Cellular Roles in Physiological Root Resorption of Deciduous Teeth in the Cat. *J Dent Res.* 1990; 69:67-74.
42. Ericson S, Bjerklin K, Falahat B. Does the canine dental follicle cause resorption of permanent incisor roots? A computed tomographic study of erupting maxillary canines. *Angle Orthod.* 2002; 72:95-104.
43. Gonzalez Rodriguez E, Ruiz Linares M. Factores etiológicos en la reabsorción radicular atípica de los dientes temporales. *Odontol Pediatr.* 2003; 11:55-8.
44. Peñalver Sánchez MA, Ruiz Linares M, Alarcón Pérez JA. Reabsorción radicular atípica en dentición temporal. *Odontol Pediatr.* 1995; 4:79-84.

-
45. Sasaki T, Watanabe C, Shimizu T, Debari K, Segawa K. Possible role of cementoblasts in resorbant organ of human deciduous teeth during root resorption. *Periodont Res.* 1990; 25:143-51.
 46. Wu YM, Richards DW, Rowe DJ. Production of matrix-degrading enzymes and inhibition of osteoclast-like cells differentiation by fibroblast-like cells from the periodontal ligament of human primary teeth. *J Dent Research.* 1999; 78: 681-9.
 47. Bille MLB., Nolting D., Kvetny MJ., Kjoer I. Unexpected early apical resorption of primary molars and canines. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2007; 8:144-9.
 48. Kronfeld R. The resorption of the roots of deciduous teeth. *The Dental Cosmos.* 1932; 74:103-20.
 49. Hegde S, Shubha A B, Kakti A. Rao BD. Extensive Idiopathic External Apical Root Resorption on a 13 Year Old Child. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry.* 2012; 36:289-92.
 50. Basrini E BAJ, Cañete M.T Radiología en Endodoncia. Septiembre, 2002; editorial Amolca. Buenos Aires. Argentina, p.3-19
 51. Fava L, Dummer PM. Periapical radiographic techniques during endodontic diagnosis and treatment. *Int Endod J.* 1997; 30:250-61.
 52. Van der Stelt PF, Ruttimann UE, Webber RL. Enhancement of tomosynthetic images in dental radiology. *J Dent Res.* 1986; 65:967-73.
 53. Segura-Egea J J, Jimenez-Pinzon A, Rios-Santos JV. Endodontic therapy in a 3-rooted mandibular first molar: importance of a thorough radiographic examination. *J Can Dent Assoc.* 2002; 68:541-4.
 54. Smadi, L. Comparison between two methods of working length determination and its effect on radiographic extent of root canal filling: a clinical study. *Oral Health.* 2006; 6: 4.
 55. Trobo Muñoz JL, García E, Llorens P, San Román F. Radiovisiografía: Nueva alternativa diagnóstica en odontoestomatología. *Clínica veterinaria de pequeños animales* 1996; 16: 99-108.
 56. Olson AK, Goerig AC, Cavataio RE, Luciano J. The ability of the radiograph to determine the location of the apical foramen. *Int Endod J.* 1991; 24:28-35.
 57. Kerekes, K. Radiographic assessment of an endodontic treatment method. *J Endod.* 1978; 4:210-13.
 58. Seltzer S, Bender IB, Smith J, Freedman I, Nazimov H. Endodontic failures--an analysis based on clinical, roentgenographic, and histologic findings. II. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1967; 23:517-30.
 59. Goldman M, Pearson AH, Darzenta N. Endodontic success--who's reading the radiograph?. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1972; 33:432-37.
 60. Benz C. and F. Mouyen . RadioVisioGraphie--system for film-free intraoral radiographs. *Dtsch Zahnarztl Z.* 1989; 44:177-79.
 61. Duret F, Clunet Coste B, Durte B. The radio visiography (RVG) where reality surpasses radiological fiction a hope is becoming reality. *J. Dent. Pract. Adm.* 1988; 5:138-40.
 62. Gröndahl K, Gröndahl H.G., Webber RL. Influence of variation in projection geometry on the detectability of periodontal bone lesions. A comparasion between subtraction radiography and conventional radiographic technique. *J. Clin Periodontol.* 1984; 11:411-20.
 63. Jones GA, Schuman NJ, Woods MA. Estimated skin exposure as an indicator for comparing radiovisiography (RVG) versus convectional Ektaspeed Plus dental radiography. *J. Clin Peadriat Dent.* 1998; 22:121-23.
 64. Antrim DD. Reading the radiograph: a comparison of viewing techniques. *J Endod.* 1983; 9:502-05.

65. Shearer AC, Horner K, Wilson NH. Radiovisiography for length estimation in root canal treatment: an in-vitro comparison with conventional radiography. *Int Endod J*. 1991; 24: 233-39.
66. Nikneshan S, Abbas FM, Sabbagh S. Detection of proximal caries using digital radiographic systems with different resolutions. *Indian J Dent Res*. 2015; 26: 5-10.
67. Versteeg KH, Sanderink GC, van Ginkel FC, van der Stelt PF. Estimating distances on direct digital images and conventional radiographs. *J Am Dent Assoc*. 1997; 128: 439-43.
68. Lozano A, Forner L, Llena C. In vitro comparison of root-canal measurements with conventional and digital radiology. *Int Endod J*. 2002; 35: 542-50.
69. Sakhdari S, Khalilak Z, Najafi E, Cheraghi R. Diagnostic Accuracy of Charge-coupled Device Sensor and Photostimulable Phosphor Plate Receptor in the Detection of External Root Resorption In Vitro. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2015; 9: 18-22.
70. Zakariasen, KL. New and emerging technologies: promise, achievement and deception. *J Am Dent Assoc*. 1995; 126: 163-68.
71. Ellingsen MA, Hollender LG, Harrington GW. Radiovisiography versus conventional radiography for detection of small instruments in endodontic length determination. II. In vivo evaluation. *J Endod*. 1995; 21: 516-20.
72. Barbieri Petrelli G, Flores Guillen J, Escribano Bermejo M, Discepoli N. Actualización en radiología dental. Radiología convencional VS digital. *Odontoestomatolo*. 2006; 22: 131-39.
73. Akcay I, Iihan, B, Dundar N. Comparison of conventional and digital and digital radiography system with regard to radiopacity of root canal filling materials. *Int Endod J* 2012; 6: 54-8.
74. Mouyen F, Benz C, Son nabend E, Lodter JP. Presentation and physical evaluation of Radio-VisioGraphy." *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1989; 68: 238-42.
75. Lavelle CI, Wu CJ. Digital radiographic images will benefit endodontic services. *Endod Dent Traumatol*. 1995 12; 11:121-23.
76. Armendariz Brandes L. Análisis comparativo mediante diferentes técnicas de la anatomía interna del premolar mandibular. Tesis Doctoral. 2014. UEM. Madrid
77. Schulze D, Rother UJ, Furhrmann AW, Tietke M. A comparison of two intraoral CCD sensor systems in terms of image quality and interobserver agreement. *Int J Comput Dent* 2003; 6:141-50.
78. Farman A G, Farman T T. A comparison of 18 different x-ray detectors currently used in dentistry. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005; 99:485-89.
79. Kitagawa H, Scheetz JP, Farman AG. Comparison of complementary metal oxide semiconductor and charge-coupled device intraoral X-ray detectors using subjective image quality. *Dentomaxillofac Radiol* 2003; 11; 32:408-11.
80. Martins MGBQ, Haiter Neto F, Whaites EJ. Analysis of digital images acquired using different phosphor storage plates (PSPs) subject to varying reading times and storage conditions. *Dentomaxillofac Radiol* 2003; 32:186-90.
81. White S, Pharoach M. Principles and interpretation. *Oral radiology*. 4th ed. St Louis Mosby Co.; 2000,p.48.
82. Araki K, Endo A, Okano T. An objective comparison of four digital intra-oral radiographic systems: sensitometric properties and resolution. *Dentomaxillofac Radiol* 2000; 29:76-80.
83. Gordon MPJ, Chandler NP. Electronic apex locators. *Int Endod J*. 2004; 37:425-37.
84. Gómez Antón y cols. Localizadores de ápice para la localización de pulpectomía. *Odontol peadiatr*. 2007; 15: 116-23.

-
85. Kielbassa AM, Muller U, Munz I, Monting JS. Clinical evaluation of the measuring accuracy of Root ZX in primary teeth. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol and Endodontics*. 2003; 95:94-100.
 86. Azabal M, Garcia-Otero D, de la Macorra JC . Accuracy of the Justy II apex locator in determining working length in simulated horizontal and vertical fractures. *International Endodontics J Endod*. 2004; 9:568-69.
 87. Kim PJ, Kim HG, Cho BH. Evaluation of electrical impedance ratio measurements in accuracy of electronic apex locators. *Restor Dent Endod*. 2014; 113-22.
 88. Wein F. *Endodontic Therapy*. 4th ed. San Louis: Mosby, 1989; p: 295.
 89. Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *Int Endod J*. 1998; 31:394-409.
 90. Mc Donald NJ. The electronic determination of working length. *Dental Clinics of North America*. 1992; 36:293-307.
 91. Cardenas MF, Localizador del ápice radicular. *Tecnología aplicada a la medicina*. 2012; 1-5. Monográfico. Universidad Técnica Salesiana.
 92. Suzuki K. Experimental study on iontophoresis. *Japanese J of Stomatology*. 1942; 16:411-29.
 93. Akisue E, Gavini G and Poli de Figueiredo J. Influence of pulp vitality on lenght determination by using the elements diagnostic unit and apex locator. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2007;104:129-32
 94. Sunada I. New Method for measuring the length of the root canal. *J of Dent Res*. 1962; 41:375-87.
 95. Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. *J Endod*. 1994; 20:111-14.
 96. Trope M, Rabie G, Tronstad L. Accuracy of an electronic apex locator under controlled clinical conditions. *Endod Dent traumatol*. 1985; 1:142-45
 97. Welk AR, Baumgartner JC, Marshall JG. An in vivo comparison of two frequency-based electronic apex locators. *J Endod* 2003; 29: 497-500.
 98. Huang L. An experimental study of the principle of electronic root measurement. *J. Endod*. 1987; 13:60-4.
 99. Neekoofar MH, Sadeghi, Akha ES, Namazkhah MS. The Accuracy of the Neosono Ultima EZ apex locator using files of different alloys: an in vitro study. *J Calif Dent Assoc*. 2002; 30:681-84
 100. Inoue N. An audiometric method for determining the length of root canals. *J Can Dent Assoc*. 1973; 39:630-36.
 101. Kaufman A. Y, Keila S & Yoshpe M. Accuracy of a new apex locator: an in vitro study. *Int Endod J*. 2002; 35:186-92.
 102. Fouad A, Krell K. A clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. *J Endod*. 1990; 16:446-49.
 103. Keller M, Brown C, Newton C.W. A clinical evaluation of the Endocaster-An electronic apex locator. *J Endod*. 1991; 17:271-74.
 104. Plotino G, Grande N, Brigante L, Lesti B, Somma F. Ex vivo accuracy of three electronic apex locators: Root ZX, Element diagnostic unit and apex locator and Propex. *Int J Endod* 2006; 39:408-14.
 105. Valencia de Pablo O, Sánchez Díaz C, Tejedor Bautista B, Cisnero Cabello R. *Endodoncia* 2008; 26:140-47.

106. Lee Mayeda DV, Simon JHS, Aimar DF, Finley K. In vivo measurement in vital and necrotic canals with the Endex apex locator. *J Endod.* 1993; 19:545-49.
107. Ushiyama J. New principle and method for measuring the root canal length. *J Endod.* 1983; 9:97-104.
108. Czerw RJ, Fulkeron Ms, Donnely Jc, Walmann JO. In vitro evaluation of the accuracy of several electronic apex locators. *J Endod.* 1995; 21:572-75.
109. De Moor RJG, Hommez GMG et cols. Accuracy of four electronic apex locators: an in vitro evaluation. *Endod Dent Traumatol* 1999; 15:77-82.
110. Hulsmann M, Pieper K. Use of an electronic apex locator in the treatment of teeth with incomplete root formation. *Endod Dent Traumatol.* 1989; 5:238-41.
111. Chunn CB, Zardiackas LD, Menke RA. In vivo root canal length determination using the Foramer. *J Endod.* 1981; 7:505-20.
112. Himel VT, Cain C. An evaluation of two electronic apex locators in a dental student clinic. *Quintessence Int.* 1993; 24:803-6.
113. Shanmugaraj M, Nivedha R, Mathan R, Balogapal S. Evaluation of working length determination methods: an in vivo /ex vivo study. *Indian J Dent Res.* 2007; 18:60-62.
114. Frank AI, Torabinejad M. an in vivo evaluation of Endex electronic apex locator. *J Endod.* 1993; 19:177-79.
115. Kobayashi C, Suda H, Sunada I. A basic study on the electronic root canal length measurement using impedance analyzer. *J Conserv Dent* 1991; 34:1208-21.
116. Hoer D, Attin T. The accuracy of electronic working length determination. *Int Endod J.* 2004; 37: 125-31.
117. Pagavino G, Pace R, Bacceti T. A SEM study of in vivo accuracy of Root ZX apex locator. *J Endod.* 1998; 24:438-41.
118. Shabahang S, Goon WW, Gluskin AH. An in vivo evaluation of Root ZX electronic apex locator. *J. Endod.* 1996; 22:616-18.
119. de Camargo EJ, Zapata RO, Medeiros PL, Bramante CM, Bernardineli N, Garcia RB, de Moraes IG, Duarte MA. Influence of preflaring on the accuracy of length determination with four electronic apex locators. *J Endod.* 2009; 35:1300-2.
120. Grimberg F, Banegas G, Chiacchio L, Zmener O. In vivo determination of root canal length: a preliminary report using the Tri Auto ZX apex-locating handpiece. *Int Endod J.* 2002; 35:590-3.
121. Erdermir A, Ezdeniz AV, Ari H, Belli S, Esener T. Influence of irrigation solutions on the accuracy of electronic apex locator facility in the Tri Auto ZX handpiece. *Int Endod J.* 2007; 40:391-97.
122. Canalda C, Pumarola J, Berastegui J. Actualización en Endodoncia 2007. *Endodoncia.* 2008; 26:148-63.
123. Özgür U, Özügür T, Tinaz AC, Alçam T. Apical accuracy of two apex locating handpieces in root in canal retreatment of root-end resected teeth. *J Endod.* 2007; 33:1444-46.
124. Topuz Ö, Uzun Ö, Tinaz AC, Sadik B. Accuracy of the apex locating function of TCM Endo V in simulated conditions: a comparative study. *Oral Surg.* 2007; 103:173-76.
125. Venturi M, Breschi L. A comparison between two electronic apex locators: a ex vivo investigation. *Int Endod J.* 2007; 40:362-73.
126. Steffen H, Splieth CH, Behr K. Comparison of measurement obtained with hand files or the canal attacker of electronic apex locator: an in vivo study. *Int Endod J.* 1999; 32:103-07.

-
127. Stoll R, Urban-Klein B, Roggendorf MJ, Jablonski-Momeni A, Strauch K, Frankenberger R. Effectiveness of four electronic apex locator to determine distance from the apical foramen. *Int Endod J.* 2010; 43:808-17.
 128. Jekins JA, Walker WA, Shindler WG, Fbres CM. An in vitro evaluation of the accuracy of the Root ZX in the presence of various irrigants. *J Endod.* 2001; 25:209-11.
 129. Tinaz AC, Alaçam T, Topuz O. A simple model to demonstrate the electronic apex locator. *Int Endod J.* 2002; 35:940-45.
 130. Brunton PA, Abdeen D, Macfarlan TV. The effect of an apex locator on exposure to radiation during endodontic therapy. *J Endod.* 2002; 28: 524-6.
 131. Herrera M, Abalos C, Lucena C, Jimenez-Planas A, Llamas R. Critical diameter of apical foramen and of file size using the Root Zx apex Locator: An in vivo study. *J Endod.* 2011; 37:1306-9.
 132. Khandewal D, Ballal NV, Saraswathi MV. Comparative evaluation of accuracy of 2 electronic Apex locators with conventional radiography: an ex vivo study. *J Endod.* 2015; 41:201-4.
 133. Rasvanshad S, Adl A, Anvar J. Effect of working length measurement by electronic apex locator or radiography on the adequacy of final working length: a randomized clinical trial. *J Endod.* 2010; 36:1753-56.
 134. Krishnan IS, Sreedharan S. A comparative evaluation of electronic and radiographic determination of root canal length in primary teeth: An in vitro study. *Contemp Clin Dent.* 2012; 3:416-20.
 135. Golberg F, Briseño Marroquin B, Frajlich S, Dreyer C. in vitro evaluation of the ability of three apex locators to determine the working length during retreatment. *J Endod* 2005; 31:676-78.
 136. Wrbas KT, Ziegler AA, Altenburger MJ, Schirrmeister JF. In vivo comparison of working length determination with two electronic apex locator. *Int Endod J.* 2007; 40:133-38.
 137. Kursatarci A, Altumbas D. An in vitro comparison of working length determination using three different electronic apex locator. *J Dent Res.* 2014; 11:568-73.
 138. Pascon EA, Marrelli M, Congi O, Ciancio R, Miceli F, Versiani MA. An in vivo comparison of working length determination of two frequencies based electronic apex locators. *Int Endod J.* 2009; 42:1026-31.
 139. Li YH, Zhou Z, Zheng YQ, Gan N, Tang YY, Li R, Chen J. Accuracy of three different electronic apex locators in determination of perforation with various conditions in vitro. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* 2011; 29:272-75.
 140. Somma F, Castagnola R, Lajolo C, Paternò Holtzman L, Marigo L. In vivo accuracy of three electronic root canal length measurement devices: Dentaport ZX, Raypex 5 and ProPex II. *Int Endod J.* 2012; 45:552-56.
 141. Gomes S, Oliver R, Macouzet C, Mercadé M, Roig M, Duran-Sindreu F. In vivo evaluation of the Raypex 5 by using different irrigants. *J Endod.* 2012; 38: 1075-77.
 142. Moscoso S, Pineda K, Basilio J, Alvarado C, Roig M, Duran-Sindreu F. Evaluation of Dentaport ZX and Raypex 6 electronic apex locators: an in vivo study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2014; 19: 202-5.
 143. Lucena C, López JM, Martín JA, Robles V, González-Rodríguez MP. Accuracy of working length measurement: electronic apex locator versus cone-beam computed tomography. *Int Endod J.* 2014; 47: 246-56.
 144. Aydin V, Karataslioglu E, Aksoy F, Ylidin C. In vitro evaluation of Root ZX and Raypex 6 in Teeth with different apical diameter. *Conserv Dent.* 2015; 18: 66-9.

145. Vasconcelos BC, Buero M, Luna- Cruz S, Duarte MA, Fernandes CA. Accuracy of five Electronic foramen locators with different operating systems: an ex vivo study. *J Apply Oral Sci.* 2013; 21:132-37.
146. Vasconcelos B, Bastos R, Fernandes F, Luna- Cruz S, Hungaro MA, Oliveira CA. In vivo accuracy of two Electronic foramen locators based on different operation systems. *Braz Dent J.* 2014; 25:12-6.
147. Bernardes RA, Duarte MAH, Vancocelos BC. Evaluation of lenght determination with 3 electronic ápex locators: Root Zx, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator and Romi APEX D-30. *Oral Surg.* 2007; 104:191-94.
148. Tsesis I, Blazer T, Ben-Izback G, Taschieri S, Del Fabbro M, Corbella S, Rosen E. The precision of electronic apex locators in working length determination: a systemic review and Meta-analysis of the literature. *J Endod.* 2015; 41:1818-23.
149. Guise GH, Goodell GG, Imamura GM. In vitro comparison of the three electronic apex locator. *J Endod.* 2010; 36:279-81.
150. Stöber EK, de Ribot J, Mercadé M, Vera J, Bueno R, Roig M, Duran-Sindreu F. Evaluation of the Raypex 5 and the Mini Apex Locator: an in vivo study. *J Endod.* 2011; 37:1349-52.
151. Ding J, Gutman JL, Fan B, Lu Y, Chen H. Investigation of apex locators and related morphological factors. *J Endod.* 2010; 36:1390-403.
152. Marroquín BB, Fernández CC, Schmidtman I, Willershausen B, Goldberg F. Accuracy of electronic apex locators to detect root canal perforations with inserted metallic posts: an ex vivo study. *Head Face Med.* 2014; 10:57.
153. D'Assunção FL, Sousa JC, Felinto KC, de Medeiros TC, Leite DT, de Lucena RB, de Oliveira Lima J. Accuracy and repeatability of 3 apex locators in locating root canal perforations: an ex vivo study. *J Endod.* 2014; 40: 1241-44.
154. Altunbas D, Kustarci A, Arslam D, Er K, Kocak S. Comparison of various current electronic apex locators to determine the working length using clearing technique. *J Clin Pract.* 2015; 18:359-63.
155. Meares WA, Steiman HR. The influence of sodium hypochlorite irrigation on accuracy of the Root ZX electronic apex locator. *J Endod.* 2002; 28:595-98.
156. Thomas AS, Hartwell GR, Moon PC. The accuracy of the Root ZX electronic apex locator using stainless-steel and nickel-titanium files. *J Endod.* 2003; 29:662-63.
157. Aurelio JA, Nahmias Y, Gerstein H. A model for demonstrating an electronic canal length measuring device. *J Endod.* 1983; 9:568-69.
158. Instrucciones de Operación Root ZX. Tustin (CA): J Morita Manufacturing Cop; 2002.
159. Higa RA, Adorno CG, Ebrahim AK, Suda H. Distance from file tipe to the major apical foramen in relation to the numeric meter Reading on the display of three different Electronic apex locators. *Int Endod J.* 2009; 42:1065-70.
160. Ebrahim AK, Wadachi R, Suda H. An in vitro evaluation of the accuracy of Dentaport ZX apex locator in enlarged root canals. *Aust Dent J.* 2007; 52:193-97.
161. Nahmias Y, Aurelio JA, Gerstein H. An in vitro model for evaluation of electronic root canal length measuring devices. *J Endod.* 1987; 13:209-14.
162. Garofalo RR, Ede EN, Dorn SO, Kuttler S. Effect of Electronic apex locators on cardiac pacemaker function. *J Endod.* 2002; 28:831-33.
163. Sriman N, Prabhakar V, Bhuvaneswaran JS, Subha N. Interference of apex locator, pulper tester and diathermy on pacemaker function. *J Conserv Dent.* 2015; 18:15-9.

-
164. Bodur H, Odabas M, Tulunoglu Ö. Accuracy of two different apex locators I primary teeth with and without root resorption. *Clin Oral Invest*. 2008; 12:137-41.
165. Tosun G, Edermir A, Eldeniz AU, Sermet U, Sener Y. Accuracy of two Electronic apex locators in primary teeth with and without apical resorption: a laboratory study. *Int Endod J*. 2008; 41:436-41.
166. Leonardo MR, Silva LAB, Nelson-Filho, Silva RAB, Raffaini MSGG. Ex vivo evaluation of the accuracy of two electronic apex locators during root canal length determination in primary teeth. *Int Endod J*. 2008; 41:317-21.
167. Mente J, Seidel J, Buchalla W, Koch MJ. Electronic determination of root canal length in primary teeth with and without root resorption. *Int Endod J*. 2002; 35:447-52.
168. Bahrololoomi Z, Soleymani AA, Modaresi J, Imanian, Lotfian M. Accuracy of an electronic locator for working length determination in primary anterior teeth. *J Dent*. 2015; 12:243-48.
169. Mello-Moura ACV, Moura-Netto C, Araki AT, Guedes-Pintp AC, Mendes FM. Ex vivo performance of five methods for root canal length determination in primary anterior teeth. *Int Endod J*. 2010; 43:142-47.
170. Katz A, Mass E, Kaufman A. Electronic apex Locator: a useful tool for root treatment in the primary dentition. *J Dent Child*. 1996; 63:414-17.
171. Nelson-Filho P, Romualdo PC, Bonifacio KC, Leonardo MR, Silva RAB, Silva LAB. Accuracy of iPex multi-frequency Electronic apex Locator in primary molar: an ex vivo study. *Int Endod J*. 2011; 44:303-6.
172. Subramaniam P, Konde S, Mandanna DK. An in vitro comparison of root canal measurement in primary teeth. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*. 2005; 23:124-25.
173. Angwaravong O, Panitvisai P. Accuracy of an electronic apex locator in primary teeth with root resorption. *Int Endod J*. 2009; 42:115-21.
174. Ghaemmaghami S, Eberle J, Duperon D. evaluation of the Root Zx apex locator in primary teeth. *Pediatr Dent*. 2008; 30:496-98.
175. Beltrame APCA, Triches TC, Sartori N, Bolan M. Electronic determination of root canal working length in primary in teeth: in vivo and ex vivo study. *Int Endod J*. 2011; 44:402-06.
176. Patiño-Marín N, Zavala-Alonso NV, Martinez-Castañón GA. Clinical evaluation of the accuracy of conventional radiography and apex locators in primary teeth. *Pediatr Dent*. 2011; 33:19-22.
177. Chougule RB, Padmanabhan MY, Mandal MS. A comparative evaluation of root canal length measurement techniques in primary teeth. *Pediatr Dent*. 2012; 34:53-6.
178. Neena IE, Ananthraj, Praveen P, Karthik, Rani P. Comparison of digital radiography and apex locator with the conventional method in root length determination of primary teeth J Indian Soc Pedod Prev Dent. 2011; 29:300-4.
179. Oznurhan F, Ünal M, Kapdan A, Ozturk C, Aksoy S. Clinical evaluation of apex and radiography in primary teeth *Int J Paediatr Dent*. 2015; 25:199-203.
180. Saritha S, Uloopi KS, Vinay C, Sekhar R, Rao VV. Clinical evaluation of Root Zx II electronic apex locator in primary teeth. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2012; 13:32-5.
181. Wankhade AD, Kumar R, Singh RK, Chandra A. Root canal length determination by different methods in primary teeth: an in vivo study. *Pediatr Dent*. 2013; 35:38-42.
182. Kumar LV, Sreelakshmi N, Reddy E, Manjula M, Rani S, Rajesh A. Clinical evaluation of conventional radiography, radiovisiography, and an electronic apex locator in determining the working length in primary teeth. *Pediatr Dent*. 2016; 8:37-41.

Anexo

9. Anexo

ABREVIATURAS:

CC: corriente continua.

CCD: dispositivo de carga acoplada.

CDC: conducto dentino-cemento.

CMOS: dispositivo semiconductor complementario de óxido metálico.

ICC: coeficiente intraclase.

Kv: Kilovoltaje.

K : Kiloohmnios.

LEA: localizador electrónico de ápice.

LEAs: localizadores electrónicos de ápice

LT: longitud de trabajo.

mA: miliamperaje.

M-CSF: factor estimulador de la colonia de macrófagos.

OPG: osteoprogesterina.

PSP: radiología de fósforo fotoestimulante.

R: coeficiente de Pearson.

Rank: receptor activador del factor nuclear Kappa B.

RankL: receptor activador del factor nuclear Kappa B. L: ligando.

Rx: radiografía.

V: voltio.

W: watio.

